



**T.C.**

**TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**AMERİKAN ASMA ANAÇLARINDA KURAKLIK STRESİ  
ÜZERİNE SERYUM OKSİT ( $\text{CeO}_2\text{-Np}$ ) NANOPARTİKÜLÜNÜN  
ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuğbagül KOCAMAN**

**Danışman: Doç. Dr. Seda SUCU DAĞ**

**TOKAT- 2025**

## ETİK SÖZLEŞMESİ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Seda SUCU DAĞ danışmanlığında hazırlamış olduğum “Amerikan Asma Anaçlarında Kuraklık Stresi Üzerine Seryum Oksit ( $\text{CeO}_2\text{-Np}$ ) Nanopartikülünün Etkileri” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

.... / .... /2025

Tuğbagül KOCAMAN

## JÜRİ KABUL VE ONAY

**Tuğbagül KOCAMAN** tarafından hazırlanan “**Amerikan Asma Anaçlarında Kuraklık Stresi Üzerine Seryum Oksit (CeO<sub>2</sub>-Np) Nanopartikülünün Etkileri**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 28.07.2025 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)**

**İmzası**

Üye (Başkan):

Üye :

Üye :

ONAY

...../...../.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

**ÖZET**  
**AMERİKAN ASMA ANAÇLARINDA KURAKLIK STRESİ ÜZERİNE SERYUM**  
**OKSİT (CeO<sub>2</sub>-Np) NANOPARTİKÜLÜNÜN ETKİLERİ**

Kocaman, Tuğbagül

Yüksek Lisans, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Seda Sucu Dağ

Temmuz 2025, xiii +43 sayfa

2024 yılında gerçekleştirilen bu çalışmada, kuraklığa dayanıklı 1103 Paulsen ve kuraklığa hassas 5 BB Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi altında seryum oksit nanopartikülünün (CeO<sub>2</sub>-NP) (0, 25, 50, 100 mg) etkilerinin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Sürgün uzunluğu, sürgün yaş ve kuru ağırlığı, yaprak sayısı, klorofil içeriği, iyon akışı, antioksidant enzim aktivitesi gibi çeşitli parametreler analiz edilerek değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara bakıldığında fiziksel parametreler bakımından; sürgün taze- kuru ağırlığı, kök taze- kuru ağırlığı bakımından sulanan 5 BB anacının 0 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP, kuru madde miktarı bakımından sulanan 5 BB anacının 50 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP, sürgün uzunluğu bakımından sulanmayan 5 BB anacının 25 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP ve yaprak sayısı bakımından sulanan 1103 Paulsen anacının 50 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP uygulamaları dikkat çekmiştir. Fizyolojik parametrelere bakıldığında; klorofil içeriği bakımından sulanan 5 BB anacı 0 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP, iyon akışı bakımından sulanmayan 5 BB anacının 0 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP ve HZZO bakımından sulanmayan 1103 Paulsen 25 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP uygulamaları ön plana çıkmıştır. Enzim aktiviteleri sonuçlarında ise protein miktarı, SOD ve APX enzim aktivitesi bakımından farklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** 5BB, 1103P, Seryum Oksit Nanopartikülü, Kuraklık Stresi

**ABSTRACT**  
**EFFECTS OF CERIUM OXIDE (CeO<sub>2</sub>-Np) NANOPARTICLES ON DROUGHT  
STRESS IN AMERICAN GRAPEVINE ROOTSTOCKS**

Kocaman, Tuğbagül

Master's Thesis, Department of Horticulture

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Seda Sucu Dağ

July 2025, xiii +43 pages

In this study conducted in 2024, it was aimed to determine the effects of cerium oxide nanoparticles (CeO<sub>2</sub>-NP) (0, 25, 50, 100 mg L<sup>-1</sup>) under drought stress on drought resistant 1103 Paulsen and drought sensitive 5 BB amerikan grapevine rootstocks by morphological, physiological and biochemical parameters. Various parameters such as shoot length, shoot wet and dry weight, leaf number, chlorophyll content, ion flow, antioxidant enzyme activity were evaluated by analyzed. According to the results obtained, in terms of physical parameters; 0 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP treatment of irrigated 5 BB rootstock in term of shoot fresh- dry weight and root fresh- dry weight, 50 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP treatment of irrigated 5 BB rootstock in term of dry matter content, 25 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP treatment of non- irrigated 5 BB rootstock in terms of shoot length and 50 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP treatment of irrigated 1103 Paulsen rootstock in terms of leaf number. Regarding the physiological parameters; 0 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP of irrigated 5 BB rootstock in terms of chlorophyll content, 0 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP of non- irrigated 5 BB rootstock in terms of ion flow and 25 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP of non- irrigated 1103 Paulsen 25 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub>-NP treatments in terms of HZZO came to the fore. In the results of enzyme activities, the differences were statistically significant in terms of protein amount, SOD and APX enzyme activity.

**Keywords:** 5BB, 1103P, Cerium Oxide Nanoparticle, Drought Stress

## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın yürütülmesi ve yüksek lisans eğitimim boyunca her koşulda bana yol gösteren ve cesaretlendiren, destek ve emeklerini esirgemeyen, öğrencisi olduğum için her zaman gurur duyduğum danışmanım sayın Doç. Dr. Öğr. Üyesi Seda SUCU DAĞ ve tez çalışmamda bana yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Neval TOPCU ALTINCI ve Doç. Dr. Adem YAĞCI hocalarıma, Bahçe Bitkileri Bölümü yüksek lisans öğrencisi Hidayet Betül ATINDI' ya ve Bahçe Bitkileri Bölümü lisans öğrencilerine teşekkürlerimi bir borç bilirim. İstatistiki analizlerin yapılması konusundaki destekleri için Prof. Dr. Kenan YILDIZ hocama teşekkür ederim.

Hayatım boyunca attığım her adımda benden maddi ve manevi destek ve emeklerini esirgemeyen sevgili annem Fatıma KOCAMAN ve sevgili babam Abdullah KOCAMAN' a, desteklerini her zaman hissettiğim canım kardeşlerim Şükrü KOCAMAN, Rabia KOCAMAN ve Furkan KOCAMAN' a çok teşekkür ederim. Manevi desteklerini hissettiğim Bahçe Bitkileri Bölümü yüksek lisans öğrencisi Nurşehadet YILDIRAY, Ziraat Mühendisi Ülkünur KILIÇ ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Bu projenin yürütülmesi ve gerçekleştirilmesinde bizlere ekonomik sağlayan Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi BAP komisyonuna (Proje No: 2024/ 47) teşekkürlerimi bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                      | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------|-------|
| ETİK SÖZLEŞMESİ .....                                                | ii    |
| JÜRİ KABUL VE ONAY .....                                             | iii   |
| ÖZET .....                                                           | iv    |
| ABSTRACT.....                                                        | v     |
| ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....                                               | vi    |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                                | ix    |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                   | x     |
| SİMGE ve KISALTMALAR.....                                            | xi    |
| 1. GİRİŞ .....                                                       | 1     |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ .....                                             | 5     |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM.....                                           | 16    |
| 3.1. Materyal .....                                                  | 16    |
| 3.1.1. Kullanılan bitkisel materyaller.....                          | 16    |
| 3.1.2. Kullanılan kimyasal materyal .....                            | 17    |
| 3.2. Yöntem .....                                                    | 17    |
| 3.2.1. Sürgün özellikleri.....                                       | 19    |
| 3.2.2. Kök özellikleri .....                                         | 19    |
| 3.2.3. Kuru madde oranı: .....                                       | 20    |
| 3.2.4. Klorofil içeriği (SPAD) .....                                 | 20    |
| 3.2.5. İyon akışı (%) .....                                          | 20    |
| 3.2.6. Hücre zarı zararlanma oranı (HZZO, %). ....                   | 21    |
| 3.2.7. Antioksidant enzim aktiveleri .....                           | 21    |
| 3.2.8. Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) enzim aktivitesi ..... | 21    |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.9. Askorbat peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) enzim aktivitesi ..... | 22 |
| 3.2.10. İstatistiksel analiz .....                                    | 22 |
| 4. BULGULAR ve TARTIŞMA .....                                         | 23 |
| 4.1. Fiziksel parametrelere ait veriler.....                          | 23 |
| 4.2. Fizyolojik parametrelere ait veriler.....                        | 28 |
| 4.3. Enzim aktivite parametrelerine ait veriler.....                  | 31 |
| 5. SONUÇ .....                                                        | 35 |
| 6. KAYNAKLAR .....                                                    | 36 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                        | 43 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

| Çizelge No                                                                                             | Sayfa |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 4.1 Uygulamaların yaş- kuru sürgün ve yaş- kuru kök ağırlığı üzerine etkileri                  | 24    |
| Çizelge 4.2 Uygulamaların kuru madde oranı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı üzerine etkileri .....    | 26    |
| Çizelge 4.3 Uygulamaların SPAD, iyon akışı (%) ve hücre zarı zararlanma oranı (%) üzerine etkisi ..... | 29    |
| Çizelge 4.4 Uygulamaların protein miktarı, APX ve SOD enzim aktivite değeri üzerine etkileri .....     | 32    |

## ŞEKİL LİSTESİ

| Şekil No                                                                                                                                                                                      | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 3.1 5 BB anacına ait bir fotoğraf .....                                                                                                                                                 | 16    |
| Şekil 3.2 1103 Paulsen anacına ait bir fotoğraf .....                                                                                                                                         | 17    |
| Şekil 3.3. Çalışmanın yürütüldüğü deneme alanına ait bir fotoğraf ve uygulamaya ait bir görsel.....                                                                                           | 18    |
| Şekil 3.4. Arazi çalışmasında bitkideki kuraklık stresi belirtilerine ait görseller .....                                                                                                     | 18    |
| Şekil 3.5. Sürgün yaş ağırlığı ölçümü .....                                                                                                                                                   | 19    |
| Şekil 3.6. Kök yaş ağırlığı ölçümü .....                                                                                                                                                      | 20    |
| Şekil 3.7. Bitki örneklerinin mekanik çalkalayıcıda 24 saat inkübe edilmesi ve otoklavda bekletilmesine ait bir görünüm .....                                                                 | 21    |
| Şekil 4.1. 5 BB ve 1103 Paulsen Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre yaş ve kuru sürgün ağırlıkları .....                                       | 24    |
| Şekil 4.2. 5 BB ve 1103 Paulsen Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre yaş ve kuru kök ağırlıkları.....                                           | 25    |
| Şekil 4.3. 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre kuru madde oranı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı sürgün ağırlığı farkları..... | 26    |
| Şekil 4.4. 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre HZZO değerleri.....                                                              | 30    |
| Şekil 4.5. 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre SPAD değerleri.....                                                              | 30    |
| Şekil 4.6. 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre iyon akışı değerleri.....                                                        | 30    |
| Şekil 4.7. 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre protein miktarı değerleri.....                                                   | 32    |
| Şekil 4.8. 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre APX değerleri .....                                                              | 33    |
| Şekil 4.9 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre SOD değerleri .....                                                               | 33    |

## SİMGE ve KISALTMALAR

| Simge                           | Açıklama                    |
|---------------------------------|-----------------------------|
| %                               | Yüzde                       |
| °C                              | Santigrat Derece            |
| μM                              | Mikromolar                  |
| Ca                              | Kalsiyum                    |
| CeO <sub>2</sub>                | Seryum Oksit                |
| cm                              | Santimetre                  |
| Cu                              | Bakır                       |
| dk                              | Dakika                      |
| Fe                              | Demir                       |
| Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>  | Demir Oksit                 |
| Fv / Fm                         | Maksimum Fitokimyasal Verim |
| g/ kg                           | Gram/ Kilogram              |
| g / l                           | Gram / Litre                |
| gram                            | Gram                        |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>   | Hidrojen Peroksit           |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> | Potasyum Dihidrojen Fosfat  |
| L                               | Litre                       |
| M                               | Molar                       |
| Mg                              | Magnezyum                   |
| mg                              | Miligram                    |
| mg / kg                         | Miligram / Kilogram         |
| mg / l                          | Miligram / Litre            |
| ml                              | Mililitre                   |
| mM                              | Milimolar                   |
| mm                              | Milimetre                   |
| mM/ cm                          | Milimolar/ Santimetre       |
| Mn                              | Manganez                    |
| MPa                             | Megapascal                  |

|                      |                                         |
|----------------------|-----------------------------------------|
| Na <sub>2</sub> EDTA | Disodyum Etilen Diamin Tetraasetik Asit |
| NaCl                 | Tuz                                     |
| Na /K                | Sodyum / Potasyum                       |
| nm                   | Nanometre                               |
| ppm                  | Parts Per Million                       |
| rpm                  | Revolutions Per Minute                  |
| U/ mg                | Unit/ Miligram                          |
| Zn                   | Çinko                                   |

| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklamalar</b>                 |
|--------------------|------------------------------------|
| 110 R              | 110 Richter                        |
| 1103 P             | 1103 Paulsen                       |
| 140 Ru             | 140 Ruggeri                        |
| 1603 C             | 1603 Couderc                       |
| 29 C               | 29 Couderc                         |
| 41 B               | 41 Berlandieri                     |
| 420 A              | 420 Albert Millardet et de Grasset |
| 44 – 53 M          | 44 – 53 Millardet et de Grasset    |
| 5 BB               | Berlandieri x Riparia              |
| 5 C                | 5 Couderc                          |
| 8 B                | 8 Berlandieri                      |
| 99 R               | 99 Rupestris                       |
| APX                | Askorbat Peroksidaz                |
| ark.               | Arkadaşları                        |
| Assoc.             | Associate                          |
| CAT                | Katalaz enzimi                     |
| Chl                | Chlorophyll                        |
| Doç.               | Doçent                             |
| Dr.                | Doktor                             |
| EC                 | Kondüktive                         |

|       |                                                                       |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|
| EC1   | İnkübasyondan Sonra Solüsyonun Elektrik İletkenliği                   |
| EC2   | Numune Sıcaklığı 25° C' ye Düştüğünde Çözeltinin Elektrik İletkenliği |
| EC*   | Kontrol Örneklerinin Elektriksel İletkenliği                          |
| EL    | Elektrolit Sızıntısı                                                  |
| HZZO  | Hücre Zarı Zararlanma Oranı                                           |
| GB    | Glisin Betain                                                         |
| GP    | Glisin Prolin                                                         |
| MDA   | Malondialdehid                                                        |
| MS    | Murashige ve Skoog Ortamı                                             |
| NBT   | Nitro Blue Tetrazolium                                                |
| NP    | Nanopartikül                                                          |
| KMO   | Kuru Madde Oranı                                                      |
| KS    | Tarla Kapasitesine Erişinceye Kadar Verilen Su Miktarının %50'si      |
| LED   | Light Emitting Diode                                                  |
| Öğr.  | Öğretim                                                               |
| PEG   | Polietilen Glikol                                                     |
| Pro   | Prolin                                                                |
| Prof. | Professor                                                             |
| PVP   | Polivinilpirolidon                                                    |
| PQ    | Paraquat Toleransı                                                    |
| ROS   | Reaktif Oksijen Türlerinin                                            |
| RWC   | Bağıl Su İçeriği                                                      |
| SA    | Salisilik Asit                                                        |
| SOD   | Sodyum Dismutaz                                                       |
| TS    | Tam Sulama                                                            |
| vb.   | Ve Benzer                                                             |

## 1. GİRİŞ

Özellikle son yıllarda küresel ısınmanın etkisinden dolayı ortaya çıkan iklim değişikliğine ek olarak sıcaklıktaki artış kuraklık olarak kendini göstermektedir (Dolaş & Kılıç, 2008). Dünyanın birçok bölgesinde olduğu gibi ülkemizde de, yaz bitki büyüme döneminde yağışların düzensiz ve az olduğu görülmektedir (Kaplukan, 2013). Türkiye bölgesel bazda sıcaklık artışı 2041-2070 aralığında sıcaklıkların bir önceki periyoda göre tüm mevsimlerde ortalama 1°C artacağı öngörülmektedir. Yaz mevsiminde sıcaklık artışı 2-3°C iken, kış mevsiminde Doğu bölgelerimizde 2-3°C, ülkemizin diğer bölgelerinde ise 1.5-2°C'dir. 2070 yılının sonuna doğru sıcaklıkların kış mevsiminde 2-3°C, ilkbahar mevsiminde bölgelerde 3-4°C, yaz mevsiminde bölgelerimizde 3-4°C, sonbahar mevsiminde Güney Doğu Anadolu bölgemizde 4-5°C, diğer bölgemizde 3-4°C artması beklenmektedir (Demir ve ark., 2013). Bu olumsuz koşulların etkileri çölleşme tehdidi bulunan bölgelerde daha belirgin olacaktır. Örneğin, Güneydoğu ve İç Anadolu bölgeleri gibi kurak ve yarı kurak alanlar ile su kaynakları açısından zayıf olan Ege ve Akdeniz bölgeleri, sıcaklık artışı ve kuraklık sebebiyle daha fazla etkilenecektir (Öztürk, 2002).

Bitkiler, gelişmeleri için gerekli olan optimum koşullara devamlı sahip olmadığı durumlarda, bulunduğu ortamdan uzaklaşma gibi bir hareket mekanizması da olmadığı için strese girmektedirler. Stres, abiyotik (yüksek tuz, düşük ve yüksek sıcaklık, radyasyon, bazı kimyasallar, pestisitler, ağır metaller, su baskınları, ozon, rüzgâr ve toprak besleyici maddelerden yoksunluğu) ve biyotik (patojen, hayvan ve farklı antropojenik faaliyetleri) stres olmak üzere iki şekilde incelenmektedir (Levitt,1980; Mahajan & Tuteja, 2006). Abiyotik stres, özellikle kuraklık stresi, ürün üretimini ciddi şekilde kısıtlayan dünya çapında bir sorundur. Aynı zamanda bitkilerin büyüme ve gelişmesini, buna bağlı olarak verimliliğini olumsuz yönde etkimektedir. Babu ve Rosaiah (2017)'ın bildirdiğine göre, artan sıcaklık ve azalan toprak nemi şeklinde kendisini gösteren küresel iklim değişikliği, önümüzdeki 50 yıl içinde tarımsal ürünleri veriminde ciddi bir azalmaya sebep olacaktır. Kuraklık etkileri, uzun vadede ortaya çıkan

ve genellikle yavaş gelişen afettir. Bu nedenle, kuraklığın uzun süreli etkilerini kontrol altında tutabilmek için kriz yönetimi gibi son dakika alınan tedbirlerden ziyade risk yönetimi çok daha önemlidir. Bu bağlamda, ülkemizde risk yönetimine dayalı kuraklık planlaması ulusal ve bölgesel düzeyde sürdürülmelidir (Turan, 2018).

Su kaynaklarını dünya çapında miktarı ve kalitesinde oluşan azalmadan dolayı kuraklık stresi genel olarak tüm bitkilerde özellikle de ekonomik öneme sahip olan bitkilerde olumsuz bazı fizyolojik değişimlere neden olmaktadır (Örs & Ekinci,2015). Dünya tarımında önemli yeri olan bağcılığın da gelecekte küresel ısınma ve dolayısıyla kuraklık stresinden etkilenmesi olasıdır. Dolayısıyla hem asmaların fizyolojik faaliyetlerinde hem de üzüm verim ve kalitesinde önemli değişimlerin olması beklenmektedir (Carbonneau ve ark., 2007). Üzüm yetiştiriciliğinden önemli gelir elde eden, yetiştiricilik tekniklerinin gelişmiş olduğu ülkeler, daha bugünden etkilerinin görülmeye başladığı ve küresel ısınma ile ilerde daha büyük sorunlara neden olabilecek, kuraklık ve yüksek sıcaklık stresine karşı alınabilecek tedbirler konusunda planlamalar ve yoğun çalışmalar yapmaktadır (Topcu Altıncı, 2016).

Bağcılıkta filoksera zararlısından dolayı Amerikan asma anaçlarının kullanılması zorunlu hale gelmiştir (Biron,1948). Kullanımı zorunlu hale gelen Amerikan asma anaçlarının kuraklığa olan dayanımları farklılık göstermektedir. Gürsöz ve ark., (2007), erkenci çeşitler için kıraç alanların kireçli topraklarında 41 B, sulanabilen alanlarda 5 BB, 8 B ve 5 C, orta geç veya geç olgunlaşan sofralık çeşitlerde ise 110 R ve 1103 P anaçlarını önermişlerdir. 110 R ve 1103 P gibi kuraklığa dayanıklı anaçlarında kuraklığın sebep olduğu zararın hafifletmesi ve aynı vakitte hasat edilen üzümlerin verim ve kalitesinin korunmasına sebep olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Ahmedullah ve ark., 1990).

Günümüze kadar asma anaç ve çeşitlerinde kuraklığa dayanıklılık konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalara bakıldığında stres şartları altında bitkide meydana

gelen değişiklikler fenolojik gözlemleri, akabinde biyoteknolojik gözlemleri kapsamaktadır. Ortaya çıkan stres sonucunda asma da fotosentez, vejetatif gelişme ve generatif gelişmeden dolayı verim azalmaktadır (Patakas ve ark., 2002; Cifre ve ark., 2005; Bertamini ve ark., 2007). Yapılan çalışmalarda asmada kuraklık stresinin meydana getirdiğı etkiler; stomalarının kapanması (Cifre ve ark., 2005), buna ilaveten stomada bulunan hücrelerdeki su alımı veya kaybı turgorun değişmesine sebep olarak stomaların mekanizmasına etkisi (Kaçar ve ark., 2009), yapraklarda glikoz ve fruktoz birikimi olması (Trouverie ve ark., 2003), nişasta miktarı azalması ve çözünebilir şeker konsantrasyonlarında artış meydana gelmesi (Parida ve ark., 2002; Kerepesi & Galiba, 2000), hücrelerin zararlanması ve ikincil stresin (oksidatif vb.) oluşması (Wang ve ark., 2003; Agarwal & Pandev, 2004), tomurcuk patlamasıyla çiçeklenme veya çiçeklenme ile ben düşmeden hemen önce stresin meydana gelmesi (Grimplet ve ark., 2007; Chaves ve ark., 2010; Deluc ve ark., 2009), klorofil miktarı azalması ile birlikte yaprak alanının azalması ve net fotosentezin engellemesi (Dajic, 2006; Bertamini ve ark., 2007) vb. durumlar şeklinde gözlemlenmiştir.

Bağcılıkta kuraklığa karşı dayanıklı anaç seçiminin yanında bitki savunma sisteminin teşvik edilerek, kuraklık stresine karşı dayanıklılığın artırılması için alternatif uygulamalara her geçen gün daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda sürdürülebilirliğin sağlanması açısından nanopartikül uygulamaları dikkat çekmektedir (Cinisli ve ark., 2019; Ekinci, 2015; Morales- Espinoza ve ark., 2019; Baltacı, 2023). Nanopartikül uygulamalarından stres faktörü üzerine azaltıcı etkilerinden dolayı kullanılanlardan birisi de seryum oksit nanopartikülü ( $CeO_2$ -NP) dür (Gohari ve ark., 2021; Mohammadi ve ark., 2021). Bu partikül elektriksel termal ve optik özelliklerinden dolayı tarımsal çalışmalarda ön planda bulunmaktadır (Rajeshkumar & Naik, 2018). Seryum oksit nanopartikülünün boyutu ve konsantrasyonuna bağlı olarak oksidatif stresi indüklediğı ve bir antioksidan gibi görev yapabildiğı bilinmektedir (Gohari ve ark., 2020; Liu & Lal, 2015). Seryum oksit nanopartikülü ile ilgili abiyotik stres faktörleri içerisinde daha çok tuzluluk stresi üzerine çalışmalar yapılmıştır (Morales- Espinoza ve ark., 2019; Rossi ve ark., 2016; Mohammadi ve ark., 2021; Gohari ve ark.,

2021). Seryum oksit nanopartikülünün kuraklık stresi üzerine etkisini gösteren çalışmalar oldukça azdır (Imani ve ark., 2023). Yapılan çalışmanın amacı kuraklığa hassasiyeti farklı olan 1103 P (dayanıklı) ve 5 BB (hassas) Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi üzerine seryum oksit (CeO<sub>2</sub> NP) nanopartikülünün etkilerini morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler ile açıklamaya çalışmaktır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bağcılık üzerine yapılan bir çalışmada, sanayi devriminden sonra hızla artan sera gazlarının küresel ısınmaya sebep olarak dünyanın enerji dengesini değişmesiyle dünya genelinde iklim değişikliğine yol açtığından ve küresel bir sorun haline gelmesinden bahsedilmiştir. İklim değişikliğinin Dünya'daki ve Türkiye'deki genel etkilerine ek olarak bağcılık üzerindeki olası tehditleri inceleyen çalışmalarda özellikle Türkiye'nin de yer aldığı Akdeniz Havzası'nda iklim değişikliği daha yoğun olması durumu öngörülmüştür. Sıcaklık artışı, yağış miktarındaki azalma, yağış dağılımındaki değişiklikler ve aşırı hava olaylarının sıklığı verimi ve kalitesi gibi birçok parametreyi bağcılığı çeşitli yönleriyle etkilemesi beklenmektedir. Bu doğrultuda, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak ve bağcılığın sürdürülebilirliğini sağlamak için yerel iklim projeksiyonlarına dayalı önemlerin alınması aktarılmıştır (Soltekin ve ark., 2021).

Aşılı ve aşısız asma fidanlarında kuraklık stresine karşı fizyolojik, biyokimyasal ve transkriptomik cevapların belirlenmesinin amaçlandığı bir çalışmada Sultani Çekirdeksiz (K-7 klonu) ile 5BB, SO4, 8B, 110R, Rupestris du Lot, 420A, 1103P, 140Ru ve Ramsey anaçları bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Uygulanan kuraklık stresi ile beraber çeşit ve anaçlarda morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler açısından bazı farklılıklar meydana gelmiştir. Kuraklık stresi ile beraber; bitkilerde büyüme ve gelişmede gerileme, su potansiyeli değerlerinde negatif artışlar ve enzim aktivitesinde (SOD ve APX) artışlar meydana gelmiştir. Kuraklık stresi altında toplamda 6403 genin farklı ifade sergilediği görülmüştür. Çalışmada önemli miktarda ifade değişimine sebep olan transkriptlere ait sınıflar; karbonhidrat metabolizması, hormonlar ve sekonder metabolitler şeklinde sınıflandırılmıştır (Sucu, 2016).

Kuraklık stresi uygulanmış asmalarda ozmotik uyumda organik çözünen madde ve iyon birikiminin rolünü inceleyen Patakas ve ark., (2002), tam turgorda her iki ozmotik potansiyel ve turgor kayıp noktasında stresli bitkilerde kontrol ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde azalmalar görüldüğünü tespit etmişlerdir. Stresli bitkilerde nişasta

konsantrasyonu neredeyse üç kat azalırken, iki işlem arasında şeker birikiminde önemli ölçüde bir fark bulunmamıştır. Toplam inorganik iyon konsantrasyonu stresli bitkilerde hızla artmıştır ve stresli asmalarda ozmotik uyumun ana bileşeni gibi görünmüştür. İnorganik iyonlar kullanan asmalarda ozmotik ayarlamaların, organik çözünen maddeler kullanan türlere göre daha düşük olmasının olası olduğundan bahsetmişlerdir.

Salisilik asitin bitki büyümesi ve gelişiminin düzenlenmesinde önemli rol oynamasıyla birlikte abiyotik stres (kuraklık, tuzluluk, ağır metal, don vb.) koşulları altındaki bitkilerin toleransını arttırdığından bahsedilmektedir. Topcu Altıncı ve ark., (2020), Narince üzüm çeşitlerine yüksek sıcaklık stresi uygulamadan önce bitkilere 4 farklı dozda (0, 0.5, 1, 1.5  $\mu\text{M l}^{-1}$ ) SA uygulaması yapmış ve bitkiler büyüme odasında 40 °C'de 12 saat süresince yüksek sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Stres uygulamasından 21 gün sonrası bitkilerden morfolojik ve fizyolojik parametrelere bakılmıştır. Çalışmanın sonucunda SA' in farklı dozlarının Narince fidanlarına uygulanan yüksek sıcaklık stresinde, bakılan parametreler doğrultusunda stres faktörünü azalttığı belirlenmiştir.

Meşe ve Tangolar (2019), Kober 5 BB, 110 R ve 1103 P anaçlarını kullanarak, in vitro koşullarda farklı PEG dozları (0, 2.5, 5, 7.5, 10) ile kuraklık stresi çalışmışlardır. Çalışmada anaçlarda sürgünlerde zararlanma derecesi, bitki boyu, boğum sayısı, bitki yaş ve kuru ağırlığı, ortalama kök uzunluğu, ortalama kök sayısı, kök yaş ve kuru ağırlığı, klorofil miktarı ve bitki besin elementi içerikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, asma anaçlarının kuraklık skala değerinin MS ortamında ilave edilen farklı dozlarda PEG ve Mannitol dozları ile arttığı, büyüme ve gelişmenin gerilediği, bitki taze ve kuru ağırlığı ile kök taze ve kuru ağırlığının azaldığı gözlemlenmiştir. Kuraklık stresine direncin, in vitro koşullarda PEG' in %2.5 ve %5 dozları ile sürgün ve kök özelliklerinin kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yapılan bir çalışmada, çinko uygulamalarının kısıtlı sulama şartlarında Alphonse Lavallée ve Italia sofralık üzüm çeşitlerinin gelişimi ve fizyolojisine etkileri

incelenmiştir. Çalışmada bazı kurak arazilerde, kuraklık stresine ek olarak çinko (Zn) eksikliği de eklenince, bağcılıkta verim ve kalitede önemli düşüslere neden olduğu belirtilmiştir. Araştırma kapsamında Zn uygulamasının en belirgin etkisi partenokarpik tane tutumu üzerinde görölmüştür. Sonuçlara bakıldığında, Zn uygulamasının kısıtlı sulama şartlarında gerçekleştirilen üzüm yetiştiriciliğinde uygulanabilecek kültürel uygulamalardan biri olduğundan bahsedilmiştir (Sarı, 2019).

Son yıllarda LED ışık uygulamalarının, bitki büyüme ve gelişiminin kontrol altına alınması ve farklı çevresel stres koşullarına karşı direncinin artırılması açısından etkili bir strateji olduğundan bahsedilmektedir. Kuraklığa toleranslı 1103 P ve hassas 5BB Amerikan asma anaçlarına ait bitkisel materyalin kullanıldığı bir çalışmada kuraklık stresi altındaki asma anaçlarının morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin üzerine kırmızı, mavi, yeşil ve kontrol olmak üzere farklı dalga boylarına sahip ek LED ışık uygulamalarının etkisine bakılmıştır. Elde edilen bulgular, asma fidanlarında kalite parametrelerini iyileştirerek kuraklık stresi zararının azaltılması açısından en etkili yöntemin kırmızı ve mavi ek LED ışık uygulamaları olduğu saptanmıştır (Daler ve ark., 2024).

Kuraklık stresi uygulamasının yapıldığı başka bir çalışmada, cam sera ortamında (yüksek sıcaklık stresi) 41 B, Rupestris du Lot, 44-53 M ve Black Magic (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşitleri, topraksız kültür ortamına dikilerek yapraktan melatonin uygulaması (0, 100, 200  $\mu$ M) yapılmıştır. Üzüm çeşitleri üzerinde fizyolojik ve vejetatif gelişmelerin etkilerine bakılmıştır. Melatonin uygulamaları 41 B ve Rupestris du Lot aşılı asma anaçlarında yaprak gelişiminde olumlu etki göstermiştir. Özellikle 100  $\mu$ M dozunda uygulaman melatonin, odunsu sürgün uzunluğunu önemli derecede arttırarak asmalarda yazlık sürgünlerin pişkinleşmesine katkı sağlamıştır. Çalışmanın sonucunda 100  $\mu$ M dozu tavsiye edilmiştir (Aslan, 2023).

Yağmur (2008), kuraklık stresi uygulamasının etkilerini araştırdığı çalışmasında 1103 P, 110 R, 140 Ru, 41 B ve 1613 C Amerikan asma anacı ve Kalecik karası, Çal karası, Boğazkere yerli şaraplık asma çeşitlerini kullanmıştır. Çalışmada maksimum fotokimyasal verim (Fv/Fm), kondüktive (EC), paraquat toleransı (PQ), ortalama yaprak yaş ve kuru ağırlığı, bağıl su içeriği (RWC), fotosentetik pigment (Chl a, Chl b, kraotenoid), prolin ve protein miktarı, lipid peroksidasyonunun boyutu [malondialdehid (MDA) içeriği] ve hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) seviyesi incelenmiştir. 1103 P Amerikan asma anacı paraquata bağlı oksidatif strese en dayanıklı çeşit, 1613 C'nin ise en duyarlı anaç olduğu tespit edilmiştir. Stres uygulanan bitkiler kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında 1613 C Amerikan asma anacı ve Boğazkere şaraplık çeşidinde ortalama yaş ve kuru ağırlık değerlerinde önemli derecede azalmalar saptanmıştır. Ayrıca toplam klorofil ve karotenoid içerikleri, 1613 C ve 41B anaçlarında artış göstermiştir. Sonuç olarak, incelenen tüm parametreler dikkate alındığında, 1613 C' nin en duyarlı anaç ve 140 Ru' nin kuraklık stresine en dayanıklı anaç olduğu saptanmıştır.

Kuraklık stresi üzerine arbüsküler mikorizal fungus uygulamalarının (0, 10, 20 g/l) etkilerinin incelendiği araştırmada Kober 5 BB ve 110 R Amerikan asma anaçları kullanılmış ve anaçların bazı fiziksel ve biyolojik özellikleri incelenmiştir. Stresi takip eden bir ay sonrasında denemede incelenen parametreler (fiziksel zararlanma derecesi, sürgün uzunluğu, sürgün ağırlığı, sürgün başına ortalama yaprak sayısı, köklenme oranı, kök uzunluğu, kök sayısı, membran zararlanması, yaprak oransal su içeriği, klorofil, prolin, lipid peroksidasyonu, hidrojen peroksit miktarı, toplam fenolik madde, çözünebilir protein ve antioksidan enzim aktiviteleri) bakımından anaçlar ve fungus uygulamaları bakımından farklılıklar önemli bulunmuştur (Bozkurt, 2018).

Jalil (2017), çalışmasında son yıllarda yürütülen çalışmalarda yakın gelecekte su kıtlığına bağlı gıda ihtiyacının önemin artacağından ve daha az suyu kullanarak verim ve kalitede sürdürülebilir üretim modellerinin uygulanabilmesi hakkında bilgilerden bahsedilmiştir. Araştırmasında kısıtlı sulama koşullarında 41B Amerikan asma anacı üzerine aşılardan

Alphonse Lavallée üzüm çeşidinde yaprağa glisin betain (GB) uygulanması yapılarak asma gelişimine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Asmalara tam sulama (TS), tarla kapasitesine erişinceye kadar verilen su miktarının %50'si (KS), tarla kapasitesine erişinceye kadar verilen su miktarının %50 +5000 ppm GB ve KS +1000 ppm GB uygulanmıştır. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde yapraktan uygulanan GB uygulamalarının suyun kısıtlı olduğu yerlerde sürdürülebilir bir kültürel uygulama olabileceği saptanmıştır.

Akın (2022), araştırmasında doku kültürü laboratuvarında kokulu üzümünün (*Vitis labrusca* L.) sürgünlerinde mikro çelikler elde edilerek MS ortamında kültüre alınmıştır. Köklendirme aşamasında, kuraklık stresinin oluşturulması amacıyla ortama 5 farklı doz (0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, M) sorbitol ilave edilmiştir. Çalışmada, bitki canlılığı, sürgün uzunluğu, sürgün taze ve kuru ağırlığı, sürgündeki boğum sayısı ve yaprak sayısı, yaprak yaş ve kuru ağırlığı, yaprak turgor ağırlığı, klorofil içeriği, zararlanma derecesi, tolerans oranı, iyon akışı, hücre zarı zararlanma oranı ve eksplantın oransal su kapsamı incelenmiştir. İncelenen sonuçlara göre, en fazla zararlanmanın 0.3 M ve 0.4 M sorbitol uygulamalarında olduğu ve bitki gelişimi ve büyümesinin önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır. Kontrol uygulamasıyla karşılaştırıldığında, bitki canlılığı, zararlanma derecesi, sürgün; boyu, boğum sayısı, kuru ve taze ağırlığı, yaprak sayısında sorbitol dozunun artmasına bağlı olarak azaldığı gözlemlenmiştir.

Saygıç (2015), osmatin ve osmotin benzeri proteinler osmotik stres ve bitki savunmasında etkili olduğunu ve fazla eksprese olmaları sonucunda kuraklığa, tuzluluğa, soğuğa ve hastalıklara dirençli bitkiler elde edildiğinden bahsetmiştir. Çalışmasında 1613C asma anacında kuraklık stresi uygulaması sonucunda ortaya çıkan osmotin gen ekspresyonlarının incelenmesi ve en yüksek seviyeye hangi gün ulaştığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada in vitro ortamında 1613 C asma anacına ait bitkilere PEG 6000 ilavesiyle (%0, %2, %4, %6) 4 farklı doz kullanılmıştır. Stres uygulamasından sonraki 1., 3. ve 7. günlerde gen ekspresyonu incelenmiş ve elde edilen bulgulara göre, diğer günler

ile kıyasla uygulamadan sonraki 1. günde ekspresyondaki artışın fazla olduğu tespit edilmiştir.

Küçükbasmacı (2019), farklı asma anaçları üzerine aşılı Prima sofralık üzüm çeşidinde kısıtlı sulama koşullarına karşı fizyolojik ve vejetatif büyüme tepkilerini incelenmiştir. Cam serada topraksız kültür ortamında, Prima üzüm çeşidinin dokuz farklı anaçlarıyla (5 BB, 41 B, 99 R, 140 Ru, 420 A, 1613 C, 44-53 M, Ramsey ve Rupestris du Lot) aşı kombinasyonlarından elde edilen asmalar kullanılmıştır. Su kısıtı uygulaması yetiştirme ortamı nem seviyesinin tarla kapasitesinde tutulması (TS) ve yetiştirme ortamı neminin tarla kapasitesinin %40' ı oranında tutulması (KS) uygulamaları şeklinde yapılmıştır. Çalışma kapsamında dikkate alınan parametreler göz önünde bulundurulduğunda, su kısıntısı Prima üzüm çeşidi için 99 R ve 140 Ru anaçları kullanımında daha uygun olacağı kanısına varmıştır.

Preetha ve ark., (2023), nanoteknolojinin modern tarımda bitki büyümesini iyileştirmek ve stres faktörlerini azaltmak için gelişen bir teknoloji olduğundan ve seryum oksit nanopartiküllerinin abiyotik stres koşulları altında nano enzimler olarak uygulanması, üretilen reaktif oksijen türlerini (ROS) temizlemek için bitkilerde toksik etkilere yol açabileceğinden bahsetmiştir. Seryum oksit nanopartiküllerinin birikimi, morfolojik özellikleri, antioksidanları ve fotosentetik parametreleri iyileştirerek bitkilere fayda sağladığına değinmiştir. Seryum oksit nanopartikülleri üzerine yapılan çalışmaların, bitki büyümesini teşvik etmede ve düşük dozaj seviyelerinde çevresel stres faktörlerini hafifletmede önemli ölçüde katkı sağladığından bahsetmiştir.

Daler (2023), demir oksit nanopartiküllerinin kuraklık stresi altındaki Amerikan asma anaçları üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada farklı konsantrasyonlarda (0, 0.01, 0.1 ve 1 ppm) demir oksit ( $Fe_3O_4$ ) NP uygulamalarının kuraklık stresi altındaki 1103 P anacı üzerinde etkilerine bakılmıştır. Asma fidanlarına ait morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine incelemeler yapılmıştır.  $Fe_3O_4$  NP uygulamalarının

klorofil, prolin ve toplam fenolik madde miktarını arttırmıştır ve membran zararlanma indeksi ve lipid peroksidasyonunu azaltmıştır. Sonuç olarak, araştırma kuraklık stresinin azaltılmasında uygun ve etkili bir strateji olduğu sonucuna varılmıştır.

Rossi ve ark., (2016), seryum oksit nanopartiküllerinin *Brassica napus* L.'(kanola) nin 'Dwarf Essex' sinerjik tuz stresi altında tepkileri araştırmıştır. Çalışmada iki seviye tuz stresi konsantrasyonu (0, 100 mM) ve 3 farklı konsantrasyonda seryum oksit nanopartikül (0, 200, 1000 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması yapılmıştır. 100 mM NaCl bitki büyümesini önemli ölçüde engellemiş ve kanolanın fizyolojik süreçlerini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Seryum oksit nanopartikülü uygulanan bitkiler hem tatlı su hem de tuzlu su sulama koşullarında daha yüksek bitki biyokütlesi gösterilmiş, daha az stres yaşanmıştır.

Chen ve ark., (2024), çalışmasında seryum oksit nanopartiküllerinin yapraktan uygulamasının yonca (*Medicago sativa* L.) bitkisi üzerindeki etkisini incelemiştir. Seryum oksit uygulamasının düşük konsantrasyonlarda bitki üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu ancak yüksek konsantrasyonlarda fitotoksisteye sahip olduğu belirtilmiştir.

Mohammadi ve ark., (2021), seryum oksit nanopartikülleri (0, 25, 50 ve 100 mg L<sup>-1</sup>) tuzluluk stresi (0, 50 ve 100 mg L<sup>-1</sup> NaCl) altında olan Moldova Balsamı' nda (*Dracocephalum moldavica* L.) büyüme parametrelerini ve antioksidan savunma sistemi üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada hidrojen peroksit, malondialdehit (MDA), elektrolit sızıntısı (EL), prolin (Pro) ve antioksidan enzim aktiviteleri seryum oksit nanopartiküllerinin uygulamasından 4 hafta sonra incelenmiştir. Agronomik özellikler, pigmentler ve fotosentetik parametreler dahil olmak üzere diğer ölçümler hasat aşamasında yapılmıştır. İncelenen parametrelerde tüm agronomik özelliklerini bakıldığında, 50 mg L<sup>-1</sup> seryum oksit nanopartiküllerinde stressiz ve stres koşullarında en iyi sonuç alınmıştır. Sonuç olarak seryum oksit nanopartikül uygulanan bitkilerde, tuzluluk, agronomik özellikleri ve fotosentetik pigmentleri önemli ölçüde azalttığını ancak MDA, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, EL, Pro ve antioksidan enzim aktivitelerini arttırdığı saptanmıştır.

Imani ve ark., (2023), yaptıkları araştırmada kuraklık stresi altında ve stres sonrası iyileşme koşullarında, *Salvia mirzayanii* bitkisine yapraktan uygulanan seryum oksit nanopartikülünün morfo-fizyolojik özellikleri ve uçucu yağ profiline olan etkilerine bakmışlardır. Kuraklık stresi kontrole kıyasla bitki boyunu, sürgün ve kök kuru ağırlıklarını ve kök uzunluğunu azaltarak *S. mirzayanii* büyümesini önemli ölçüde değiştirmiştir. Ayrıca morfo-fizyolojik özellikler azaltma seryum oksit konsantrasyonuna göre farklılık göstermiştir.

Gao ve ark., (2023), yaptıkları araştırmada yonca bitkisi üzerinde tohum çimlenmesini teşvik etmek ve tuz toleransını artırmak için seryum oksit nanopartikül uygulamalarının potansiyel faydalarını araştırmışlardır. 500 mg L<sup>-1</sup> seryum oksit nanopartikülü konsantrasyonunda yonca tohumlarında (200 mM) tuz stresi önemli ölçüde hafiflediğini ve 50 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub> NP konsantrasyonu çimlenme potansiyelini, çimlenme oranını, kök uzunluğunu ve fide uzunluğunu önemli ölçüde etkilediği bildirilmiştir. Bu çalışma, tarımsal maliyetlerin düşürülmesi ve sürdürülebilir tarımsal kalkınmanın teşvik edilmesi için büyük önem taşıyan mahsul stresi direncini artırabilen basit bir tohum işleme stratejisinin etkinliğini göstermiştir.

Yapılan bir çalışmada tuz stresi koşullarında ve stres olmayan koşullarda *Portulaca oleracea* L. üzerine uygulanan seryum oksit (50 mg L<sup>-1</sup>) ve salisilik asit (100 µM) nanopartikül uygulaması yapılarak bitkide büyüme ve fizyolojik tepkiler incelemiştir. Stres olmayan koşullarda ve 50 mM NaCl koşullarında yapılan seryum oksit uygulamaları bitkide antosiyanin içeriğinin arttığı bildirilmiştir. 100 mM NaCl koşullarında seryum oksit uygulamalarında fenolik madde içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Bu çalışma semizotu bitkisinde seryum oksit uygulamasının tuzluluk stresinin fizyolojik tepkilerini ve büyüme özelliklerini iyileştirerek olumsuz etkileri hafiflettiğini göstermiştir (Hassanpouraghdam ve ark., 2022).

Li ve ark., (2020), araştırmalarında *Gossypium hirsutum* L. bitkisinde tuzluluk stresi koşullarında (200 mM NaCl), seryum oksit (500 mg L<sup>-1</sup>) ile yapılan tohum ön işleminin morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve transkriptom düzeyindeki etkilerini incelemişlerdir. Kontrol grubuna kıyasla tuz stresindeki seryum oksit uygulamasının, kök uzunluğunu %56, yaş ağırlığını %41, kuru ağırlığını %38 oranında artırdığını, köklerde ROS birikimini %46 azalttığını ve tuz stresinin neden olduğu morfolojik ve fizyolojik kök bozulmalarını hafiflettiğini tespit etmişlerdir.

Başka bir çalışmada seryum oksit nanoparçacıkları kullanılarak kanola tohumları ön işlemden geçirilmiş ve nanoserianın tuzluluk toleransını artırmaktaki olası mekanizmaları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda seryum oksit nanopartikül ile yapılan nano-ön işleminin 200 mM NaCl stresi altında çimlenme oranını %12 ve biyokütleyi %41 artırdığını gözlemlenmiştir. Daha fazla su emilimi ve yüksek  $\alpha$ -amilaz aktivitesinin yanı sıra, nano-ön işleminin kanola tohumlarında oksidatif hasarı azaltarak ve Na/ K dengesinin koruyarak tuzluluk toleransını artırdığını bildirmişlerdir (Li ve ark., 2021).

Milani ve ark., (2024), yaptıkları araştırmada CeO<sub>2</sub> NP (0, 25 ve 100 mg L<sup>-1</sup>)'nın NaCl koşullarında (50 ve 100 mM) nane bitkisinin morfolojik özellikleri, fotosentetik pigmentleri, biyokimyasal parametreleri ve uçucu yağ üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, klorofil ve karotenoid içeriklerinin artışı, antioksidan enzimlerinin güçlenmesi ve MDA ile H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seviyelerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Sonuç olarak CeO<sub>2</sub> nanoparçacıklarının yaprak uygulaması, nane bitkilerinin tuzluluk stresine karşı toleransının arttığı saptanmıştır.

Djanaguiraman ve ark., (2018), yaptıkları çalışmada *Sorghum bicolor* L. kuraklık stresi koşulunda yaprağa püskürtme yolu ile seryum oksit uygulaması yaparak; yaprak ROS seviyeleri ve antioksidan enzim aktivitesi, polen çimlenmesi, tohum verimi ve yaprak karbon asimilasyon oranları, stoma iletkenliği ve yaprak anatomik özellikleri üzerindeki

etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak, sorgum bitkisini oksidatif hasardan koruyarak daha yüksek tane verimi sağladığını tespit etmişlerdir.

Kuraklık stresi üzerine yapılan bir diğer çalışmada, *Vigna radiata* L. kuraklığa bağlı oksidatif hasar üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Stres koşullarında yapraktan uygulanan seryum oksit nanopartikülü ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) kontrol bitkilerine kıyasla, fotosentez hızını ve bakla oluşum oranını artırarak mung fasulyesinde bitki başına tohum verimini artırdığı bildirilmiştir (Maduraimuthu ve ark., 2023).

Yapılan başka bir çalışmada, yüksek toprak tuzluluk seviyeleri, dünya çapında mahsullerin büyümesinde ve verimliliğinde önemli bir düşüşe neden olabileceği ve bu nedenle küresel tarım için büyük bir tehdit oluşturabileceğinden bahsedilmiştir. Seryum oksit nanopartiküllerinin potansiyelini araştırmak için Flame Seedless üzümünde (*Vitis vinifera* L.) tuz stresi (25, 75 mM NaCl) altında seryum oksit nanopartiküllerinin (25, 50, 100  $\text{mg L}^{-1}$ ) koruyucu etkileri incelenmiştir. Araştırmada fizyolojik, analitik, agronomik ve biyokimyasal parametrelere bakılmıştır. Seryum oksit uygulanan bitkilerde, tuz stresinin (75 mM NaCl) olumsuz etkilerini hafifleterek asmanın ilgili agronomik parametrelerini önemli ölçüde iyileştirmiştir. Seryum oksit nanopartikülü, yüksek tuzluluk seviyeleri altında klorofil hasarını önemli ölçüde iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Tuzluluk stresi kontrol bitkilerine kıyasla GP, APX ve SOD' nin enzimlerinin aktivitelerinde önemli artışlara sebep olmuştur. Stres koşullarına benzer şekilde, tüm seryum oksit nanopartiküllerinin konsantrasyonları APX aktivitesini etkilerken 1000  $\text{mg L}^{-1}$  seryum oksit nanopartikülü önemli ölçüde GP aktivitesini etkilemiştir. Sonuç olarak, seryum oksit nanopartikülü asmada tuz stresini hafifletici bir uygulama olarak tavsiye edilmiştir (Gohari ve ark., 2021).

Superior Seedless üzüm çeşidinde (*Vitis vinifera* L.) kuraklık toleransını arttırmaya yönelik bir araştırmada seryum oksit uygulaması yapılmış; morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler mekanizmalar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada

yapraktan farklı konsantrasyonlarda seryum oksit nanopartikülleri (0, 5, 50 ve 500 mg L<sup>-1</sup>) ve farklı kuraklık stresi (tarla kapasitesi %30 ve %70) uygulamaları yapılmıştır. 50 mg L<sup>-1</sup> seryum oksit nanopartikülü, kuraklık stresi altındaki asma fidanlarının agronomik özellikleri üzerinde, fotosentetik parametreleri üzerinde önemli ölçüde iyileştirme sağlamıştır. Ayrıca seryum oksit nanopartikülü, kuraklık stresi altında SOD, CAT ve APX' in aktivitelerini değiştirdiği ve enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan mekanizmalar yoluyla asma fidanının kuraklığa bağlı oksidatif stresi direncini artırarak gen regülasyonunu etkilediği bildirilmiştir. Sonuç olarak, bulgular dikkate alındığında seryum oksit nanopartikülü asmalardaki kuraklık stresinin etkilerini azaltmada olumlu sonuçlar vermiştir (Daler, 2024).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Kullanılan bitkisel materyaller

**5 BB:** 420A anacı ile mukayese edildiğinde vejetasyon süresi kısa olan 5 BB anacı kuvvetli bir anaçtır. Nemotoda karşı direnci yüksek yaklaşık %20 değerinde aktif kirece dayanıklıdır. Yerinde aşılamalarda birtakım problemlerle karşılaşılan Amerikan asma anacının köklenmesi oldukça iyidir. Killi ve nemli topraklara uyumlu olan 5 BB anacı çok kurak toprakları sevmemektedir (Bodenheimer, 1941; Ülgen, 1962; Çelik, 1996, Çelik ve ark., 1998).



Şekil 3.1 5 BB anacına ait bir fotoğraf

**1103 Paulsen:** Kuvvetli gelişen 1103P anacı, alt katmanı killi-kireçli ve nemli arazilere adaptasyon sağlamaktadır. Aşı tutma yeteneği ve köklenme kabiliyeti yüksek olan anaç topraktaki 0,6 g NaCl/kg miktarındaki tuza toleransı bulunmaktadır. Topraktaki %17-18 civarında bulunan aktif kirece tolerans göstermektedir (Bodenheimer, 1941; Ülgen, 1962; Çelik, 1996; Çelik ve ark., 1998).



Şekil 3.2 1103 Paulsen anacına ait bir fotoğraf

### 3.1.2. Kullanılan kimyasal materyal

Çalışmada kullanılan Seryum Oksit nanopartikülünün parçacık büyüklüğü  $<25$  nm, şişe ağırlığı 25 g, molekül ağırlığı 172,11 dir. Ürün ticari ürün olarak piyasadan satın alınmıştır.

### 3.2. Yöntem

Çalışmada 5 BB (kuraklığa karşı hassas) anacı ve 1103 Paulsen (kuraklığa karşı dayanıklı) anacı kullanılmıştır. Her iki anaca ait çelikler, içerisinde torf perlit (1:1) karışımı bulunan 5 litrelik saksılar içerisinde, TOGÜ Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne ait alıştırma ortamında stres ve seryum oksit uygulamalarına kadar homojen bir şekilde yetiştirilmiştir. Bitkiler 8-10 gerçek yaprağa sahip olduklarında kuraklık stresi ve seryum oksit uygulamaları başlatılmıştır. Çalışmada kuraklık stresi bitkilere su noksanlığı şeklinde uygulanmıştır. Kuraklık stresine maruz bırakılmayan bitkilerde sulama işlemine devam edilmiştir.



Şekil 3.3. Çalışmanın yürütüldüğü deneme alanına ait bir fotoğraf ve uygulamaya ait bir görsel



Şekil 3.4. Arazi çalışmasında bitkideki kuraklık stresi belirtilerine ait görseller

Nanomateriyal  $\text{CeO}_2$ -NP uygulamaları kuraklık stresi ile aynı anda olmak üzere 4 farklı konsantrasyon olarak (0, 25, 50 ve 100 mg L<sup>-1</sup>) 24 saat ara ile 2 kez olmak üzere yapraklara sprey ile püskürtülerek uygulanmıştır (Şekil 3.3) (Gohari ve ark., 2021). Kuraklık stresi uygulaması Sucu (2016)' ya göre bitkilerde morfolojik belirtilerin başlamasıyla birlikte yaklaşık 15-20 günlük süre içerisinde sona erdirilmiştir (Şekil 3.4). Seryum oksit ( $\text{CeO}_2$  NP) ve kuraklık stresi uygulamasının ardından çalışmada incelenen parametreler aşağıdaki gibidir;

### 3.2.1. Sürgün zellikleri

- a. Sürgün uzunluğu (cm): Her sürgün ucundan bitiş noktasına olan mesafe cetvel ile ölçülmüştür.
- b. Sürgün yaş ağırlığı (g): Kuraklık stresi uygulamasından sonra sürgünlerin yaş ağırlığı  $\pm 0.001$  g duyarlıltaki hassas terazi yardımıyla gram cinsinden belirlenmiştir.



şekil 3.5. Sürgün yaş ağırlığı ölçümü

- c. Sürgün kuru ağırlığı (g): Yaş ağırlığı belirlenen sürgünlerin kuru ağırlıltarının belirlenmesi için 65 °C 'lik etüvde 72 saat kurutulması sonrası  $\pm 0.001$  g duyarlıltaki hassas terazi yardımıyla gram cinsinden belirlenmiştir.
- d. Sürgün yaprak sayısı (adet): Uygulama sonrası yaprakların sayılmasıyla belirlenmiştir.

### 3.2.2. Kök zellikleri

- a. Kök yaş ağırlığı (g): Köklerin yaş ağırlığı  $\pm 0.001$  g hassasiyetindeki analitik terazi yardımıyla ölçülerek gram cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil 3.6. Kök yaş ağırlığı ölçümü

b. Kök kuru ağırlığı (g): Yaş ağırlığı hesaplanan her sürgünün kuru ağırlığı 65°C' de 48 saat hava sirkülasyonlu etüvde kurutulmasından sonra  $\pm 0.001$  g duyarlılıktaki analitik terazi yardımıyla tartılarak gram cinsinden ifade edilmiştir.

### 3.2.3. Kuru madde oranı:

Kuru kök ağırlıkları, yaş kök ağırlıklarına oranlanmış ve % olarak ifade edilmiştir.

### 3.2.4. Klorofil içeriği (SPAD)

Yaprak örneklerinde klorofil tayini bir klorofil metre (SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc., Tokyo, Japan) yardımıyla belirlenmiştir (Khan ve ark., 2004).

### 3.2.5. İyon akışı (%)

Yaprak örnekleri uygulamalardan aldıktan sonra önce çeşme suyu ile bir kez, ardından distile su ile iki kez yıkanarak analiz için hazır hale getirilmiştir. Her biri 15 mm çapında 12 disk şeklinde kesilen yapraklar, 20 ml distile su içeren test küplerine yerleştirilmiş ve oda sıcaklığında çalışan mekanik çalkalayıcıda (100 rpm) 24 saat boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra solüsyonun elektrik iletkenliği (EC1), EC metre (Hanna marka) kullanarak ölçülmüştür. Aynı numuneler, 121 °C' de 20 dk otoklav kullanılarak işleme tabi tutulmuştur ve numune sıcaklığı 25°C' ye düştüğünde çözeltinin elektrik iletkenlik durumu (EC2) belirlenmiştir. Yaprak numunelerindeki iyon akışı, EC1/EC2 olarak hesaplanarak yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.7. Bitki örneklerinin mekanik çalkalayıcıda 24 saat inkübe edilmesi ve otoklavda bekletilmesine ait bir görünüm

### 3.2.6. Hücre zarı zararlanma oranı (HZZO, %)

Hücre zarı zararlanma oranı iyon akışında elde edilen aynı veriler kullanılarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

Hücre Zarı Zararlanma Oranı (HZZO, %):  $[1 - (1 - EC1/EC2) / (1 - EC^*/1/EC^*2 \times 100)]$

EC\*: Kontrol örneklerinin elektriksel iletkenliği

### 3.2.7. Antioksidant enzim aktiveleri

Antioksidan enzim aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla enzim ekstraktları Özden ve ark., (2009)'nın yöntemine göre hazırlanmıştır. Bu amaçla alınacak yaprak örnekleri 2 mM Na<sub>2</sub>-EDTA ve %1 PVP içeren 4 ml 50 mM K-posfat bafır çözeltisi (pH: 7.0) ile homojenize edildikten sonra, elde edilen homojenatlar 4 °C de 10.000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Oluşan süpernatant enzim aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

### 3.2.8. Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) enzim aktivitesi

Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, nitro blue tetrazoliumun (NBT) süperoksit radikalleri ile mavi renkli formazona fotokimyasal indirgenmesi reaksiyonunun SOD

enzimi tarafından engellenmesinin spektrofotometrik olarak belirlmesi esasına dayanmaktadır (Mutlu, 2009). SOD aktivitesinin 1 ünitesi, 560 nm’de gözlenen NBT indirgenmesinin %50 inhibisyonuna neden olan enzim miktarı, 1 enzim ünitesi olarak kabul edilerek ve değerler U/mg protein olarak sunulmuştur (Agarwal & Pandev 2004; Yordanova ve ark., 2004).

### **3.2.9. Askorbat peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) enzim aktivitesi**

APX aktivite analizi, örnekteki enzim tarafından okside edilen askorbatın 290 nm absorbansında spektrofotometre ile ölçülmesi prensbine dayanmaktadır. Enzimin 1 mg toplam protein başına dakikada oksitlediği askorbat miktarı 1 ünite olarak hesaplanmış, sonuçlar U/mg protein cinsinden kaydedilmiştir (Nakano & Asada, 1981).

### **3.2.10. İstatistiksel analiz**

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 3 adet bitki (saksı) olacak şekilde kurulmuştur. Denemede elde edilen veriler varyans analizi (ANOVA) ile analiz edildikten sonra uygulama ortalamaları arasındaki farkların önemli olup olmadığı Duncan Çoklu Karşılaştırma testi ile ( $p \leq 0,05$  ve  $p \leq 0,01$  düzeyinde) belirlenmiştir. Bütün istatistik analizlerde SPSS (Version 12.00; Chicago, IL, USA) istatistik yazılımı kullanılmıştır.

#### **4. BULGULAR ve TARTIŞMA**

Kuraklık stresi uygulanan 5 BB ve 1103 Paulsen asma anaçlarında seryum oksit dozlarının etkileri fiziksel, fizyolojik ve enzim aktivitesi olarak incelenmiş her bir analiz grubuna ait veriler, yorumlar ve çizelgeler aşağıdaki gibi sunulmuştur (Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4; Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9).

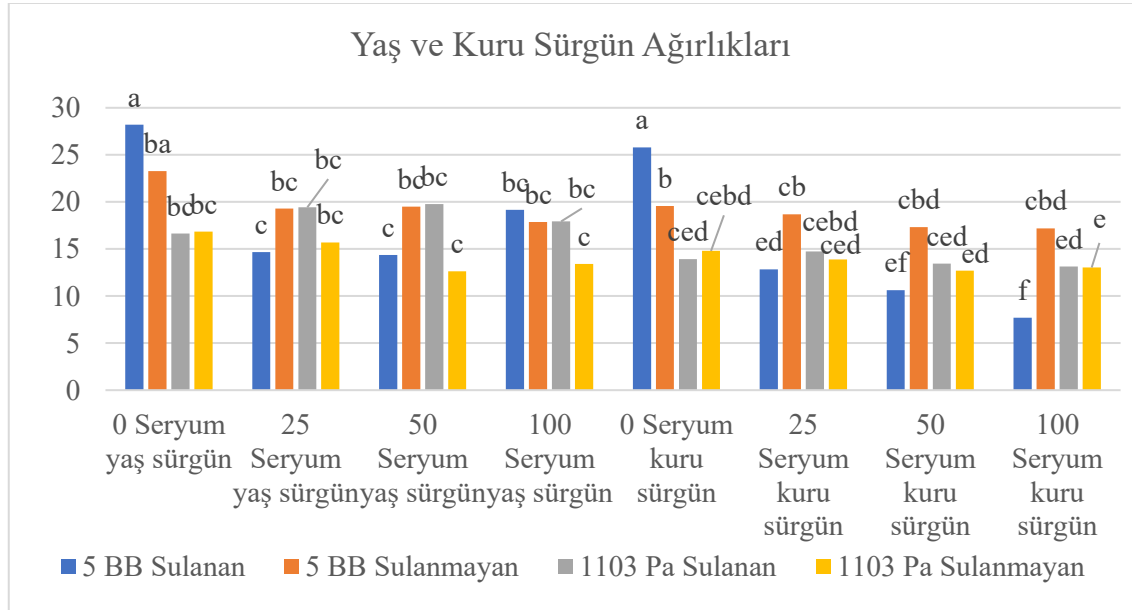
##### **4.1. Fiziksel parametrelere ait veriler**

Seryum oksit uygulamalarının kuraklık stresi altındaki 5 BB ve 1103 Paulsen anaçları üzerine etkileri fiziksel parametrelerden; yaş-kuru sürgün ağırlığı, yaş-kuru kök ağırlığı, kuru madde oranı, sürgün uzunluğu, yaprak sayısı bazında incelenmiş olup uygulamaların etkisi çizelge 4.1 ve çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Yaş – kuru sürgün ve yaş – kuru kök ağırlıkları incelendiğinde sulanan ve sulanmayan bitki grupları arasında farklar hem anaçlar bakımından hem de seryum oksit uygulamaları bakımından istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek yaş sürgün ağırlığı 28.217 gram ile 5 BB anacının sulanan 0 ppm seryum oksit uygulamasından elde edilirken, en düşük değer 1103 Paulsen anacının sulanmayan 50 ppm seryum oksit uygulamasından elde edilmiştir. Kuru sürgün ağırlığına bakıldığında yine en yüksek rakam 5 BB sulanan 0 ppm seryum oksit dozunda (25.807 g) bulunmuş, en düşük rakam ise 7.690 g ile 5 BB sulanan 100 ppm seryum oksit dozundan elde edilmiştir. Yaş kök değerleri incelendiğinde 5 BB sulanan 0 ppm seryum oksit uygulaması en yüksek değer (12.013 g) ile ön plana çıkarken, en düşük değer 3.633 g ile 1103 Paulsen anacının sulanan 100 ppm seryum oksit uygulamasından elde edilmiştir. Kuru kök değerlerinde ise yine en yüksek değer 5 BB sulanan 0 ppm seryum oksit (6.653 g) uygulamasından elde edilirken en düşük değer 1103 Paulsen sulanmayan 100 ppm seryum oksit (2.020 g) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.1; Şekil 4.1, 4.2).

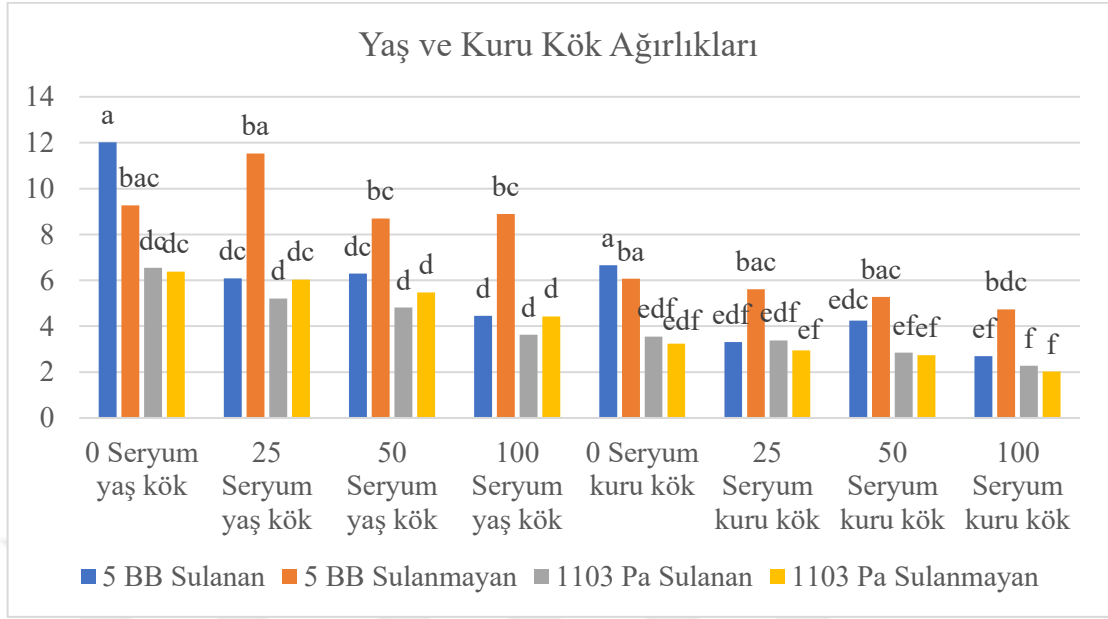
Çizelge 4.1 Uygulamaların yaş- kuru sürgün ve yaş- kuru kök ağırlığı üzerine etkileri

|             |              | 5 BB            |            | 1103 P          |                 |                 |
|-------------|--------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Yaş Sürgün  | Seryum Oksit | Sulanan         | Sulanmayan | Sulanan         | Sulanmayan      | Ortalama        |
|             | 0            | <b>28.217 A</b> | 23.280 BA  | 16.633 BC       | 16.833 BC       | <b>21.241 a</b> |
|             | 25           | 14.663 C        | 19.280 BC  | 19.427 BC       | 15.700 BC       | <b>17.268 b</b> |
|             | 50           | 14.350 C        | 19.493 BC  | 19.783 BC       | <b>12.643 C</b> | <b>16.568 b</b> |
|             | 100          | 19.150 BC       | 17.870 BC  | 17.927 BC       | 13.403 C        | <b>17.088 b</b> |
|             | Ortalama     | <b>19.538 a</b> |            | <b>16.544 b</b> |                 |                 |
| Kuru Sürgün | 0            | <b>25.807 A</b> | 19.570 B   | 13.937 CED      | 14.790 CBD      | <b>18.526 a</b> |
|             | 25           | 12.847 ED       | 18.680 CB  | 14.737 CBD      | 13.877 CED      | <b>15.035 b</b> |
|             | 50           | 10.627 EF       | 17.313 CBD | 13.430 CED      | 12.697 ED       | <b>13.517 b</b> |
|             | 100          | <b>7.690 F</b>  | 17.203 CBD | 13.133 ED       | 13.033 ED       | <b>12.765 b</b> |
|             | Ortalama     | <b>16.217 a</b> |            | <b>13.704 b</b> |                 |                 |
| Yaş Kök     | 0            | <b>12.013 A</b> | 9.263 BAC  | 6.543 DC        | 6.383 DC        | <b>8.550 a</b>  |
|             | 25           | 6.080 DC        | 11.527 BA  | 5.210 D         | 6.033 DC        | <b>7.212 ba</b> |
|             | 50           | 6.290 DC        | 8.700 BC   | 4.810 D         | 5.473 D         | <b>6.318 bc</b> |
|             | 100          | 4.450 D         | 8.890 BC   | <b>3.633 D</b>  | 4.423 D         | <b>5.349 c</b>  |
|             | Ortalama     | <b>8.401 a</b>  |            | <b>5.313 b</b>  |                 |                 |
| Kuru Kök    | 0            | <b>6.653 A</b>  | 6.070 BA   | 3.553 EDF       | 3.236 EDF       | <b>4.878 a</b>  |
|             | 25           | 3.313 EDF       | 5.610 BAC  | 3.376 EDF       | 2.940 EF        | <b>3.810 b</b>  |
|             | 50           | 4.240 EDC       | 5.273 BAC  | 2.843 EF        | 2.743 EF        | <b>3.775 b</b>  |
|             | 100          | 2.700 EF        | 4.730 BDC  | 2.270 F         | <b>2.020 F</b>  | <b>2.930</b>    |
|             | Ortalama     | <b>4.823 a</b>  |            | <b>2.872 b</b>  |                 |                 |

Her bir satırda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. Her bir sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma testine göre önemlidir (p<0.05).



Şekil 4.1. 5 BB ve 1103 Paulsen Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre yaş ve kuru sürgün ağırlıkları



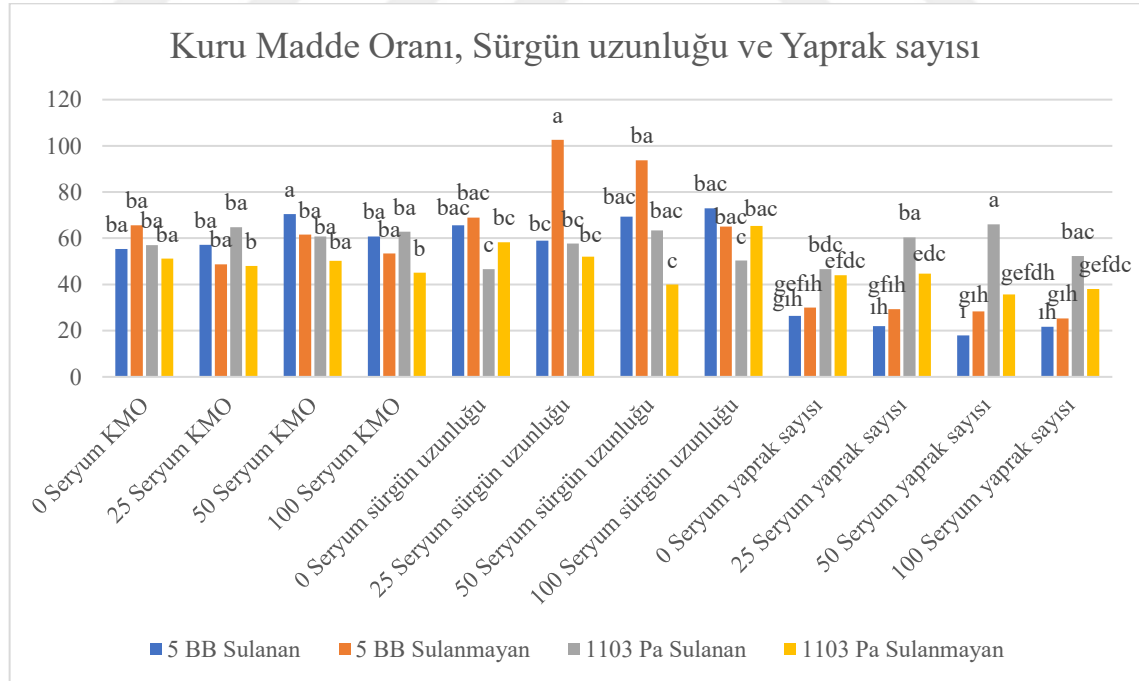
Şekil 4.2. 5 BB ve 1103 Paulsen Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre yaş ve kuru kök ağırlıkları

Uygulamaların kuru madde oranına olan etkilerine bakıldığında en yüksek kuru madde oranı %70.407 ile 5 BB anacının sulanan 50 ppm seryum oksit uygulamasından elde edilirken, en düşük oran 1103 Paulsen anacının sulanmayan 100 ppm seryum oksit uygulamasından elde edilmiştir. Sürgün uzunluğu incelendiğinde en yüksek rakam 5 BB sulanmayan 25 ppm seryum oksit dozunda (102.67 cm) ve en düşük değer ise 40 cm ile 1103 Paulsen sulanmayan 50 ppm seryum oksit dozunda elde edilmiştir. Yaprak sayısı değerleri incelendiğinde en yüksek rakam 1103 Paulsen anacının sulanan 50 ppm seryum oksit uygulamasında (66 adet) tespit edilirken en düşük rakam ise, 5 BB anacının sulanan 50 ppm seryum oksit dozunda (18 adet) tespit edilmiştir (Çizelge 4.2; Şekil 4.3).

Çizelge 4.2 Uygulamaların kuru madde oranı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı üzerine etkileri

|                  |                 | 5 BB            |                 | 1103 P          |                 |                 |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Kuru Madde Oranı | Seryum Oksit    | Sulanan         | Sulanmayan      | Sulanan         | Sulanmayan      | Ortalama        |
|                  | 0               | 55.347 BA       | 65.623 BA       | 56.987 BA       | 51.147 BA       | <b>57.276 a</b> |
|                  | 25              | 57.120 BA       | 48.650 BA       | 64.797 BA       | 48.077 B        | <b>54.661 a</b> |
|                  | 50              | <b>70.407 A</b> | 61.523 BA       | 60.753 BA       | 50.240 BA       | <b>60.731 a</b> |
|                  | 100             | 60.827 BA       | 53.363 BA       | 62.890 BA       | <b>45.103 B</b> | <b>55.546 a</b> |
|                  | <b>Ortalama</b> | <b>59.108 a</b> |                 | <b>54.999 a</b> |                 |                 |
| Sürgün Uzunluğu  | 0               | 65.67 BAC       | 69.00 BAC       | 46.67 C         | 58.33 BC        | <b>59.917 a</b> |
|                  | 25              | 59.00 BC        | <b>102.67 A</b> | 57.67 BC        | 52.00 BC        | <b>67.833 a</b> |
|                  | 50              | 69.33 BAC       | 93.67 BA        | 63.33 BAC       | <b>40.00 C</b>  | <b>66.583 a</b> |
|                  | 100             | 73.00 BAC       | 65.00 BAC       | 50.33 C         | 65.33 BAC       | <b>63.417 a</b> |
|                  | <b>Ortalama</b> | <b>74.667 a</b> |                 | <b>54.208 b</b> |                 |                 |
| Yaprak Sayısı    | 0               | 26.333 GIH      | 30.000 GEFIH    | 46.667 BDC      | 44.000 EFDC     | <b>36.750 a</b> |
|                  | 25              | 22.000 IH       | 29.333 GFIH     | 60.333 BA       | 44.667 EDC      | <b>39.083 a</b> |
|                  | 50              | <b>18.000 I</b> | 28.333 GIH      | <b>66.000 A</b> | 35.667GEFDH     | <b>37.000 a</b> |
|                  | 100             | 21.667 IH       | 25.333 GIH      | 52.333 BAC      | 38.000 GEFDH    | <b>34.333 a</b> |
|                  | <b>Ortalama</b> | <b>25.125 b</b> |                 | <b>48.458 a</b> |                 |                 |

Her bir satırda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. Her bir sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma testine göre önemlidir ( $p < 0.05$ ).



Şekil 4.3. 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre kuru madde oranı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı sürgün ağırlığı farkları

Yapılan çalışmada seryum oksit uygulamalarının incelenen fiziksel parametreler bakımından sonuçları değerlendirildiğinde anaçlar ve uygulamalar bakımından değişiklikler gözlemlenmiştir. Daler (2024), asma fidanlarına yapraktan uygulanan 50 mg L<sup>-1</sup> seryum oksit nanopartiküllerinin kuraklık stresi altında sürgün uzunluğu, sürgün ve kök kuru ağırlığında önemli ölçüde iyileştirme yaptığını bildirilmiştir. Başka bir çalışmada, nane (*Mentha spicata* L.) bitkisinde kontrol koşullarında 50 mg L<sup>-1</sup> seryum oksit nanopartiküllerinin, 50 mM tuz stresi koşullarında hem 25 mg L<sup>-1</sup> hem de 50 mg L<sup>-1</sup> seryum oksit nanopartiküllerinin konsantrasyonlarında sürgün kuru ağırlığının arttığı ancak sürgün yaş ağırlığında önemli bir farklılık gözlemlenmediğini bildirilmiştir (Milani ve ark., 2024). Semizotu bitkisi üzerine tuzluluk stresi koşullarında seryum oksit nanopartikülü uygulamasında (50 mg L<sup>-1</sup>) yaş ve kuru kök ağırlığı özelliklerinin iyileştiği tespit edilmiştir (Hassanpouraghdam ve ark., 2022). Imani ve ark., (2023) yaptıkları çalışmada kuraklık stresi koşullarında *Salvia mirzayanii* Rech' uygulanan seryum oksit nanopartikülü uygulamasında, kuraklık stresi kontrole kıyasla bitki yüksekliğini, sürgün ve kök kuru ağırlıklarını ve kök uzunluğunu azalttığını gözlemlemişlerdir. Tuzluluk stresi koşullarında (75 mM) Flame Seedless (*Vitis vinifera*)'e uygulanan seryum oksit nanopartiküllerinin (25, 50, 100 mg L<sup>-1</sup>) genel olarak agronomik özelliklerini önemli ölçüde olumsuz etkilerinin iyileştirdiği tespit etmişlerdir (Gohari ve ark., 2021). Wu ve ark., (2022) yaptığı çalışmada salatalığa yapraktan uygulanan seryum oksit nanopartikülü tuz stresi koşullarında (75 mM) sürgün kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığını önemli ölçüde iyileştirmiştir. *Dracocephalum moldovica* L. bitkisi üzerine uygulanan 50 mM tuz stresi koşullarında 50 ve 100 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub> NP konsantrasyonu sürgün yaş ağırlığını arttırırken, 100 mM tuz stresi koşullarında tüm uygulanan CeO<sub>2</sub> konsantrasyonları sürgün yaş ve kuru ağırlığı arttığından bahsedilmiştir (Mohammadi ve ark., 2021). *Brassica napus* L. tuz stresi koşullarında 1000 mg kg<sup>-1</sup> seryum oksit NP uygulamasında sürgün yaş ağırlığını önemli bir şekilde arttığını gözlemlediklerini ayrıca 1000 mg kg<sup>-1</sup> seryum oksit NP'leri kök taze ve kuru ağırlığı sırasıyla %20 ve %100 arttığını gözlemlemişlerdir (Rossi ve ark., 2016). Li ve ark., (2020), *Gossypium hirsutum* L. üzerine yaptıkları tuz stresi koşullarında seryum oksit NP'leri ile taze ağırlığı %41 ve kuru ağırlığı %38 oranında arttığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada elde edilen sürgün yaş ve kuru ağırlığı, kök taze ve kuru ağırlığı değerleri ile diğer çalışmalarda elde edilen veriler arasında benzerlik ve farklılıklar vardır. Bu duruma neden olarak; çalışmada kullanılan bitki türü ve

çeşitlerinin farklılığı, uygulanan stres koşullarının ve konsantrasyonların farklılığı gösterilebilir.

Gohari ve ark., (2021), asmada (*Vitis vinifera* L.) tuz stresi koşullarında seryum oksit nanopartiküllerinin koruyucu etkileri incelenmiş ve yaprak alanı, yaprak sayısı ve bitki boyu üzerine önemli etkilerinin olduğu tespit edilmiş ve çalışmada kontrole kıyasla yaprak sayısında %25'lik bir artışa olduğundan da bahsedilmiştir. Milani ve ark., (2024), yaptığı çalışmada yaprak sayısında stres olmayan ortamda sadece 50 mg L<sup>-1</sup> seryum oksit nanopartikülünün artırıcı bir etkisinin olduğu bildirilmiştir. Başka bir çalışmada stres olmayan koşullarda 50 ve 100 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub> NP konsantrasyonun yaprak sayısını arttığı belirlenmiştir (Mohammadi ve ark., 2021). Baltacı (2023), yaptığı çalışmada stres koşullarında (25 mM NaCl) uygulanan 100 mg L<sup>-1</sup> 5BB anacında KMO' da ve 1613 C / Sultani üzüm çeşidinde 50 mg L<sup>-1</sup> KMO' da artış gözlemlediğini bildirmiştir. Yapılan çalışmada KMO, stres olmayan koşullarda kontrole kıyasla 5BB ve 1103 P artış göstermiştir. Diğer çalışmalar ile sürgün uzunluğu ve yaprak sayısının kıyasına bakıldığında yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermiştir.

#### **4.2. Fizyolojik parametrelere ait veriler**

Seryum oksit uygulamalarının kuraklık stresi altındaki 5 BB ve 1103 Paulsen anaçları üzerine etkileri fizyolojik parametrelerden; SPAD, iyon akışı ve hücre zarı zararlanma oranı (H.Z.Z.O.) bazında incelenmiş olup uygulamaların etkisi Çizelge 4.3 ve Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6' da gösterilmiştir.

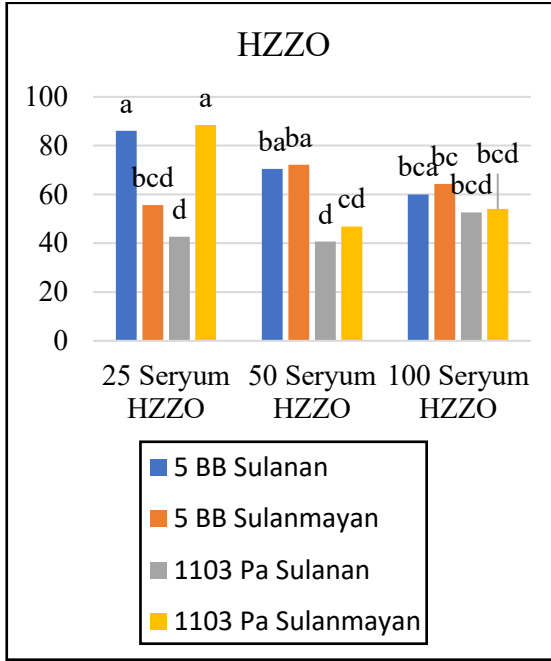
SPAD, iyon akışı ve H.Z.Z.O. incelendiğinde sulanan ve sulanmayan bitki grupları arasındaki farklar anaçlar ve seryum oksit uygulamaları bakımından istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. En yüksek SPAD değeri 23.433 ile 5 BB anacının sulanan 0 ppm seryum oksit uygulamasından elde edilirken, en düşük değer 5 BB anacının sulanan 25 ppm seryum oksit uygulamasından elde edilmiştir. İyon akışı değerine bakıldığında en yüksek yüzde 5 BB sulanmayan 0 ppm seryum oksit dozunda (%1.443), en düşük yüzde ise 1103 Paulsen anacının sulanmayan 50 ppm seryum oksit uygulamasında (%0.216)

tespit edilmiştir. Hücre zarı zararlanma oranı incelendiğinde en yüksek yüzde 1103 Paulsen anacının sulanmayan 25 ppm seryum oksit uygulamasından (%88.493) elde edilirken en düşük yüzde ise yine 1103 Paulsen anacının sulanan 50 ppm seryum oksit uygulamasından (%40.620) elde edilmiştir (Çizelge 4.3; Şekil 4.4, 4.5, 4.6).

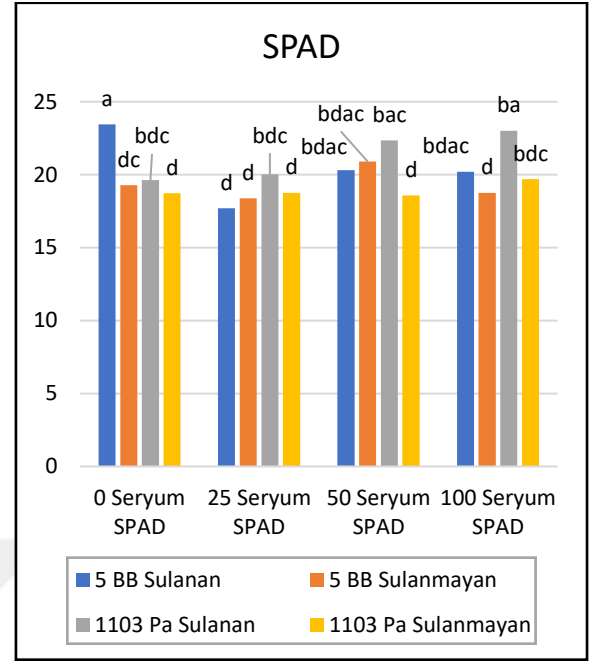
Çizelge 4.3 Uygulamaların SPAD, iyon akışı (%) ve hücre zarı zararlanma oranı (%) üzerine etkisi

| SPAD       | Seryum Oksit    | 5 BB            |                | 1103 P          |                 | Ortalama        |
|------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|            |                 | Sulanan         | Sulanmayan     | Sulanan         | Sulanmayan      |                 |
|            | 0               | <b>23.443 A</b> | 19.277 DC      | 19.620 BDC      | 18.737 D        | <b>21.241 a</b> |
|            | 25              | <b>17.703 D</b> | 18.377 D       | 20.013 BDC      | 18.757 D        | <b>17.268 b</b> |
|            | 50              | 20.300 BDAC     | 20.903 BDAC    | 22.353 BAC      | 18.577 D        | <b>16.568 b</b> |
|            | 100             | 20.203 BDAC     | 18.743 D       | 22.997 BA       | 19.683 BDC      | <b>17.088 b</b> |
|            | <b>Ortalama</b> | <b>19.538 a</b> |                | <b>16.544 b</b> |                 |                 |
| İyon Akışı | 0               | 0.393 B         | <b>1.443 A</b> | 0.410 B         | 0.533 B         | <b>0.695 a</b>  |
|            | 25              | 0.553 B         | 0.243 B        | 0.250 B         | 0.416 B         | <b>0.365 b</b>  |
|            | 50              | 0.423 B         | 0.316 B        | 0.240 B         | <b>0.216 B</b>  | <b>0.299 b</b>  |
|            | 100             | 0.360 B         | 0.283 B        | 0.310 B         | 0.250 B         | <b>0.300 b</b>  |
|            | <b>Ortalama</b> | <b>0.502 a</b>  |                | <b>0.328 b</b>  |                 |                 |
| HZZO       | 0               |                 |                |                 |                 |                 |
|            | 25              | 86.123 A        | 55.700 BCD     | 42.677 D        | <b>88.493 A</b> | <b>68.248 a</b> |
|            | 50              | 70.437 BA       | 72.140 BA      | <b>40.620 D</b> | 46.837 CD       | <b>57.508 b</b> |
|            | 100             | 59.943 BCD      | 64.327 BC      | 52.683 BCD      | 54.030 BCD      | <b>57.746</b>   |
|            | <b>Ortalama</b> | <b>68.112 a</b> |                | <b>54.223 b</b> |                 |                 |

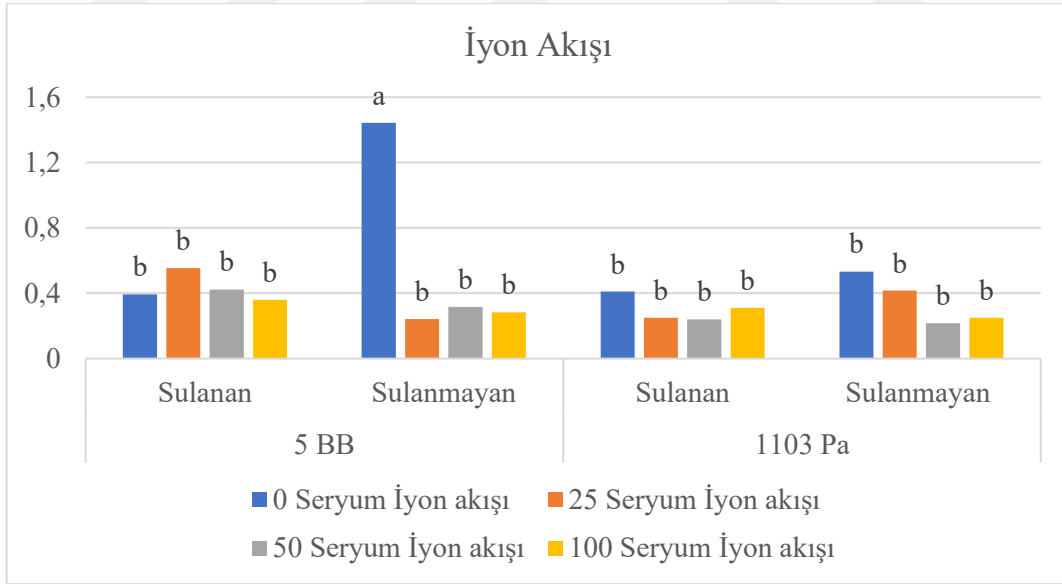
Her bir satırda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. Her bir sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma testine göre önemlidir (p<0.05).



Şekil 4.4. 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre HZZO değerleri



Şekil 4.5. 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre SPAD değerleri



Şekil 4.6. 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre iyon akışı değerleri

Mohammadi ve ark., (2021), *Dracocephalum moldovica* L. üzerine yaptıkları çalışmada, 100 mM tuz stresi koşullarında SPAD değerinde artış olduğunu ve tüm parametreler

dikkate alındığında 50 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub> NP hem stres olmayan hem de tuz stresine maruz kalan koşullarda etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada iyon akışı değerinin, stressiz ve 100 mM tuzluluk stresi koşullarında 50 ve 100 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub> NP uygulamaları ile azaldığına değinilmiştir. Başka bir çalışmada *S. mirzayanii* bitkisi üzerindeki stres etkisinde seryum oksit uygulamaları morfo-fizyolojik özellikler üzerine olumlu etkiler yapmıştır (Imani ve ark., 2023). Daler (2024), asmada kuraklık stresi uygulaması yaptığı çalışmada seryum oksit uygulamasının iyon akışı düzeyinde azalmanın ortaya çıktığını saptamıştır. Başka bir çalışmada asmada tuzluluk stresi koşullarında 50 mg L<sup>-1</sup> CeO<sub>2</sub> NP uygulaması SPAD değerinde kontrole kıyasla %18,9 oranında artış sağlarken iyon akışı değerinde anlamlı bir düşüş sağlamıştır (Gohari ve ark., 2021). Baltacı (2023), yaptığı çalışmada çeşitlere ve stres koşulunun dozuna bağlı olarak HZZO’ da artış meydana geldiğini belirtmiştir. Yapılan çalışmada SPAD ve iyon akışı uygulamalarında diğer çalışmalar ile kıyaslandığında benzerlik ve farklılıklar göstermekle beraber 50 ppm seryum oksit uygulamasının iyon akışı ve HZZO oranını azaltarak stres faktörü üzerine olumlu etki göstermiştir.

#### 4.3. Enzim aktivite parametrelerine ait veriler

Seryum oksit uygulamalarının kuraklık stresi altındaki 5 BB ve 1103 Paulsen anaçları üzerine etkileri enzim aktivite parametrelerinden; protein miktarı, askorbat peroksidaz (APX), süperoksit distumaz (SOD) bazında incelenmiş olup uygulamaların etkisi Çizelge 4.4 ve Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9’da gösterilmiştir.

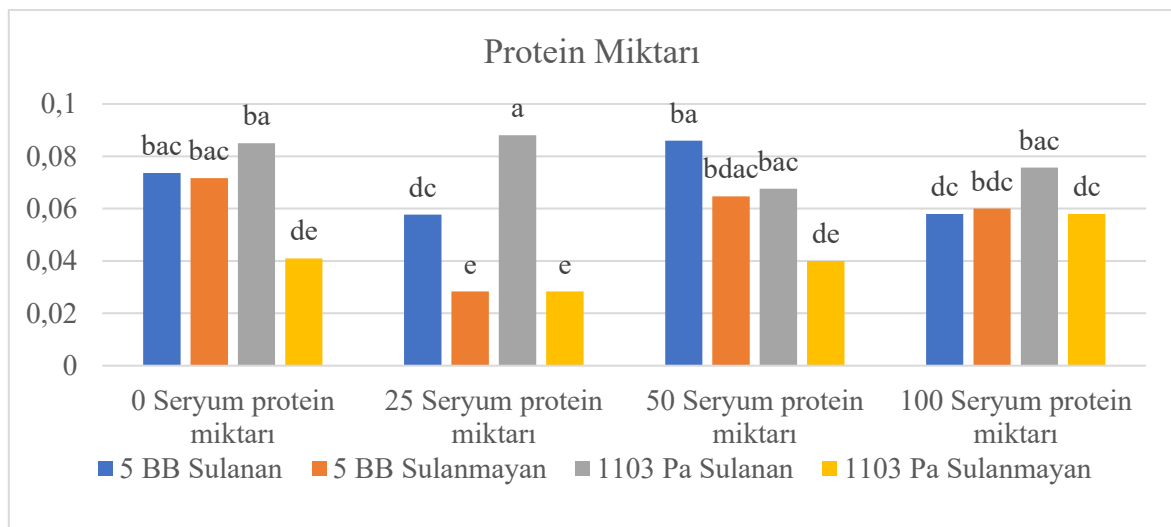
Protein miktarı, APX ve SOD değerlerine bakıldığında sulanan ve sulanmayan bitki grupları arasında farklar hem anaç bakımından hem de seryum oksit uygulamaları bakımından istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Protein miktarında en yüksek değer 0.08800 ile sulanan koşullarda 1103 Paulsen anacının 25 ppm seryum oksit uygulamasından elde edilirken, en düşük değerler ise sulanmayan stres koşullarında 1103 Paulsen anacının 25 ppm seryum oksit uygulaması ile 5 BB anacının 25 ppm seryum oksit uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek APX enzim aktivesi 18.493 ile 5 BB sulanan 100 ppm seryum oksit uygulamasında tespit edilmiş ve en düşük APX enzim aktivitesi 0.833 ile 1103 Paulsen sulanan 25 ppm seryum oksit uygulamasında tespit edilmiştir.

SOD enzim miktarına bakıldığında en yüksek değer (717.01) 1103 Paulsen sulanmayan 50 ppm seryum oksit uygulamasında saptanmış ve en düşük değer (28.32) yine 1103 Paulsen anacında fakat sulanan 50 ppm seryum oksit uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.4; Şekil 4.7, 4.8, 4.9).

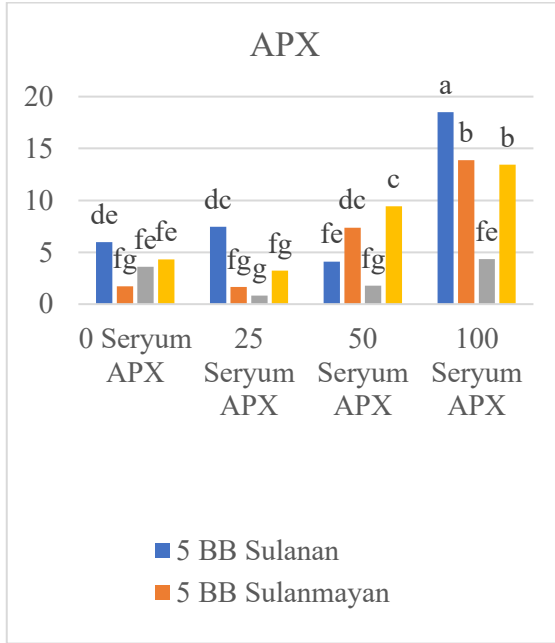
Çizelge 4.4 Uygulamaların protein miktarı, APX ve SOD enzim aktivite değeri üzerine etkileri

| Protein Miktarı | Seryum Oksit | 5 BB              |                  | 1103 P            |                  | Ortalama          |
|-----------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
|                 |              | Sulanan           | Sulanmayan       | Sulanan           | Sulanmayan       |                   |
|                 | 0            | 0.07367 BAC       | 0.07167 BAC      | 0.08500 BA        | 0.04100 DE       | <b>0.067833 a</b> |
|                 | 25           | 0.05767 DC        | <b>0.02833 E</b> | <b>0.08800 A</b>  | <b>0.02833 E</b> | <b>0.061167 a</b> |
|                 | 50           | 0.08600 BA        | 0.06467 BDAC     | 0.06767 BAC       | 0.04000 DE       | <b>0.064583 a</b> |
|                 | 100          | 0.05800 DC        | 0.06000 BDC      | 0.07567 BAC       | 0.05800 DC       | <b>0.062917 a</b> |
|                 | Ortalama     | <b>0.062500 a</b> |                  | <b>0.065750 a</b> |                  |                   |
| APX             | 0            | 5.990 DE          | 1.723 FG         | 3.610 FE          | 4.303 FE         | <b>3.9067 c</b>   |
|                 | 25           | 7.457 DC          | 1.667 FG         | <b>0.833 G</b>    | 3.223 FG         | <b>3.2950 c</b>   |
|                 | 50           | 4.107 FE          | 7.373 DC         | 1.770 FG          | 9.427 C          | <b>5.6692 b</b>   |
|                 | 100          | <b>18.493 A</b>   | 13.873 B         | 4.333 FE          | 13.440 B         | <b>12.5350 a</b>  |
|                 | Ortalama     | <b>7.5854 a</b>   |                  | <b>5.1175 b</b>   |                  |                   |
| SOD             | 0            | 245.92 D          | 108.12 EF        | 53.38 F           | 229.11 D         | <b>159.13 b</b>   |
|                 | 25           | 80.56 F           | 210.33 ED        | 46.96 F           | 450.77 B         | <b>197.16 b</b>   |
|                 | 50           | 58.23 F           | 384.45 CB        | <b>28.32 F</b>    | <b>717.01 A</b>  | <b>297.00 a</b>   |
|                 | 100          | 298.32 CD         | 443.78 B         | 35.71 F           | 479.09 B         | <b>314.22 a</b>   |
|                 | Ortalama     | <b>228.71 a</b>   |                  | <b>255.04 a</b>   |                  |                   |

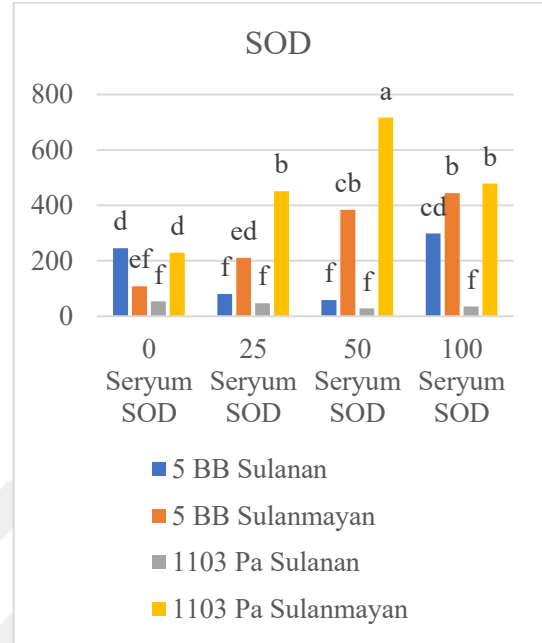
Her bir satırda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. Her bir sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma testine göre önemlidir (p<0.05).



Şekil 4.7. 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre protein miktarı değerleri



Şekil 4.8. 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre APX değerleri



Şekil 4.9 5 BB ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresi koşullarında seryum oksit dozlarına göre SOD değerleri

Kuraklık stresi koşullarında, Superior Seedless (*Vitis vinifera* L.) çeşidinde seryum oksit nanopartikülünün SOD ve APX enzim aktivitesini önemli ölçüde artırdığını belirtmiştir (Daler, 2024). Baltacı (2023), yaptığı çalışmada tuzluluk stresi koşullarında (0, 25 ve 75 NaCl) 5 BB anacında seryum oksit uygulamasının protein miktarında önemli değişikliğe neden olduğunu bildirmiştir. *Medicago sativa* bitkisinde tuz stresi altında tohum canlılığını arttırmak için uygulanan çalışmada, seryum oksit nanopartikülü, SOD enzim aktivesini önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Gao ve ark., 2023). Yine başka bir çalışmada salatalık bitkisine tuz stresi koşullarında uygulanan seryum oksit nanopartikülü uygulamasının SOD enzim aktivitesini azalttığı tespit edilmiştir (Wu ve ark., 2022). Li ve ark., (2024), yaptığı bir diğer çalışmada seryum oksitin SOD aktivitelerini artırarak ROS türlerini etkili bir şekilde nötralize ettiğini ve zararlı bileşiklerin seviyelerini düşürdüğünü ortaya koymuştur. Mohammadi ve ark., (2021), *Dracocephalum moldovica* L. üzerine yaptıkları çalışmada, APX aktivitesinin, stres olmayan ve 50 mM tuz stresi koşullarında tüm seryum oksit dozlarında artış gösterdiğini, SOD enzim aktivitesi için ise

50 ve 100 mM NaCl stres koşullarında 50 ve 100 mg L<sup>-1</sup> seryum oksit uygulamalarında olumlu bir etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Başka bir çalışmada nane bitkisinde 50 ve 100 mM tuz stresi koşullarında uygulanan 50 mg L<sup>-1</sup> seryum oksit konsantrasyonu APX enzimini arttırırken, stres olmayan koşullarda 50 ve 100 mg L<sup>-1</sup> seryum oksit konsantrasyonları enzim aktivitesini azalttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca 50 mM seviyesindeki tuzluluk stresi koşulu altında 25 mg L<sup>-1</sup> seryum oksit dozu SOD enzim aktivitesinin azaltırken, 100 mg L<sup>-1</sup> seryum oksit dozu aktiviteyi artırmıştır (Milani ve ark., 2024). Diğer bir araştırmada SOD enzim aktivitesinin hem tuzluluk hem de CeO<sub>2</sub> NP uygulamalarından anlamlı şekilde etkilendiğini ancak iki uygulamanın interaksiyonunun anlamlı bulunmadığını belirtmiştir. (Gohari ve ark., 2021). Antioksidan enzimlerin stres faktörlerinden ilk etkilenen mekanizmalardan biri olduğu göz önünde bulundurulursa yapılan çalışmada da uygulanan nanopartikülün dozunda, stres koşulunda ve anaç çeşitliliğinde farklılıkların olması beklenen bir durumdur. Örneğin SOD enzim aktivitesi bakımından en yüksek değer 50 ppm' lik seryum oksit dozunun uygulandığı sulanmayan şartlardaki 1103 Paulsen anacında elde edilirken, en düşük değer sulanan şartlarda aynı anaç ve aynı seryum oksit dozundan elde edilmiştir.

## 5. SONUÇ

Abiyotik stres olan kuraklık stresi üretimi ciddi şekilde kısıtlayan, büyüme ve gelişimi ve verimliği olumsuz yönde etkileyen bir faktördür. Değişen iklim koşulları ile birlikte tarım sektörünü de etkilemiştir. Tarımda önemli yeri olan ve geçmişten günümüze kadar milyonlarca yıllık geçmişi olan bağcılığın tüm canlılar gibi kuraklık stresinden etkilenmesi olağandır. Üzüm yetiştiriciliği yapan ülkeler küresel ısınma ile ilerde daha büyük sorunlarla karşılaşacağını konusunda tedbir ve çalışmalar yapmaktadır. Kuraklığa dayanıklı asma anaçlarında yapılan çalışmalarda ise zararın hafifletilmesi, hasat edilen üzüm verim ve kalitesinin korunması ve bitki savunma mekanizmasını teşvik etmek için yapılmıştır. Ayrıca son yıllarda yapılan çalışmalarda sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla Nanopartikül uygulamaları dikkat çekmektedir. Yapılan çalışmada, kuraklık stresi koşullarında 5 BB ve 1103 Paulsen Amerikan asma anaçları üzerine dört farklı seryum oksit nanopartikülü uygulanmasının fiziksel, fizyolojik ve enzim aktiviteleri bakımında etkileri incelenerek açıklanmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışma üzerine az sayıda çalışma bulunmakta ve yapılacak diğer çalışmalar için kaynak niteliği taşımaktadır. Ayrıca farklı çeşit, anaç, farklı stres koşulları ve farklı nanopartikül uygulamaları üzerine yapılacak olan çalışmalara her zaman ihtiyaç vardır.

## 6. KAYNAKLAR

- Agarwal, S., Pandev. W., 2004. Antioxidant Enzyme Responses to NaCl Stress in *Cassia Angustifolia*. *Biologia Plantarum*, 48: 555–560.
- Ahmedullah, M., Patterson, M. E., & Apel, G. 1990. Üzüm ve Yaban Mersininin Hasat Sonrası Ömrünü Uzatmak için Klor Dioksit ile Fümigasyon. *HortScience*, 25(9), 1085b-1085.
- Akın, D. 2022. Kokulu Üzümün (*Vitis labrusca* L.) Kuraklık Stresine Toleransının İn Vitro’da Sorbitol Kullanılarak Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
- Aslan, B. 2023. Yüksek Sıcaklık Stresinde Melatonin Uygulamalarının Farklı Anaçlar Üzerine Aşılı ‘Black Magic’ Üzüm Çeşidinin Fizyolojisi ve Vejetatif Gelişmesine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Babu, K., Rosaiah, G. 2017. A Study on Germination and Seedling Growth of Blackgram (*Vigna mungo* L. Hepper) Germplasm Against Polyethylene Glycol 6000 Stress. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 12(5):90- 98.
- Baltacı, H. 2023. Aşılı ve Aşısız Asma Fidanlarında Tuz Stresi Üzerine Cerium Oxide (CeO<sub>2</sub>-Np) Nanopartikülün Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniverisitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bertamini, M., Zulini, L., Muthuchelian, K. et al., 2007. Low Night Temperature Effects on Photosynthetic Performance on Two Grapevine Genotypes. *Biol Plant*, 51: 381-385.
- Biron, M. 1948. Avrupa Üzüm Çeşitlerinin Türkiye (Trakya) İklimine İntibakları (Acclimatation Des Cepages Eupeens En Turquei (Thrace) 1937 A 1947). İstanbul: Tekel Basımevi.
- Bodenheimer, F.S. 1941. Türkiye’de Ziraate ve Ağaçlara Zararlı Olan Böcekler ve Bunlarla Savaş Hakkında Bir Etüd, Ankara: Bayur Matbaası.
- Bozkurt, A., 2018. Bazı Amerikan Asma Anaçlarında Kuraklık Stresi Üzerine Mikorizal Fungusların Etkileri. Doctoral Dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Carbonneau, A., Deloire, A., Jaillard, B. 2007. *La Vigne: Physiologie, Terroir, Culture*. Dunod, Paris Ed., 442p.

- Chaves, M. M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J.M., et. al., 2010. Grapevine Under Deficit Irrigation: Hints from Physiological and Molecular Data. *Annals of Botany*, 105(5): 661-676.
- Chen, Z., Guo, Z., Xu N., Khan, Z., Niu, J., 2024. Multiple Insights into The Two-Sided Effects of Foliar Application of Cerium Oxide Nanoparticles on The Growth of Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Environmental Science: Nano*, 8.
- Cifre, J., Bota, J., Escalona J.M., Medrano, H., Flexas, J., 2005. Physiological Tools for Irrigation Scheduling in Grapevine (*Vitis vinifera* L.): An Open Gate to Improve Water-Use Efficiency?. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 106 (2-3): 159-170.
- Cinisl , K. T., Uçar, S., Dikba , N., 2019. Nanomateriyallerin Tarımda Kullanımı. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29 (4): 809-823.
-  elik, H. 1996. Ba cılıkta Anaç Kullanımı ve Yeti tiricilikteki  nemi. *Anadolu J. of AARI*, 6 (2), 127–148.
-  elik, H., A ao lu, S., Fidan, Y., Marasalı, B., S lemezo lu, G. 1998. Genel Bağcılık. Ankara, Fersa Matbaacılık.
- Daler, S. 2023. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanopartiküllerinin Kuraklık Stresi Altındaki Amerikan Asma Anaçları  zerine Etkileri. *Bahçe* 52 ( zel Sayı 1): 111-121.
- Daler, S. 2024. Improving grapevine (*Vitis vinifera* L., cv. Superior Seedless) Drought Tolerance with Cerium Oxide Nanoparticles: Agronomic and Molecular Insights. *Scientia Horticulturae*, Volume 338.
- Daler, S., Ya cı, A., Cangi, R., G ven , M. T., 2024. Kuraklık Stresine Kar ı Ek Led I ık Uygulamalarının Asma Fidanlarında Morfolojik, Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreler  zerine Etkileri. *Bah e* 53 ( zelsay ): 104-114.
- Dajic, 2006. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer Nature.
- Deluc, L. G., Quilici, D. R., Decendit, A., et. al. 2009. Water Deficit Alters Differentially Metabolic Pathways Affecting Important Flavor and Quality Traits in Grape Berries of Cabernet Sauvignon and Chardonnay. *BMC Genomics* 10, 212.

- Demir, Ö., Akçakaya, A., Eskioğlu, O., Atay, H., Sümer, U. M., Bölük, E., et al. 2013. M. G. M. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü.
- Djanaguiraman, M., Nair, R., Giraldo, J. P., Prasad, P. V. V., 2018. Cerium Oxide Nanoparticles Decrease Drought-Induced Oxidative Damage in Sorghum Leading to Higher Photosynthesis and Grain Yield. ACS Omega.
- Dolaş, M., Kılıç, S. 2008. Küresel Isınma ve GAP. Sulama Tuzlanma Konferansı, 169- 176.
- Ekinci, S., 2015. Gümüş Nanopartiküllerin Nohut (*Cicer arietinum* L.) Bitkisinde Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Özelliklere Etkisi. Aksaray Üniversitesi Akademik Arşiv Sistemi.
- Gao, J., Liu, Y., Zhao, D., Ding, Y., Gao L., Su, X., Song, K., He, X., 2023. CeO<sub>2</sub> NP Priming Enhances The Seed Vigor of Alfalfa (*Medicago sativa*) Under Salt Stress. Frontiers.
- Gohari, G., Mohammadi, A., Akbari, A., Dadpour, M. R., Fotopoulos, V., et al. 2020. Titanium Dioxide Nanoparticles (TiO<sub>2</sub> Nps) Promote Growth and Ameliorate Salinity Stress Effects on Essential Oil Profile and Biochemical Attributes of *Dracocephalum Moldavica*. Scientific Reports, 10(1),1-14.
- Gohari, G., Zareei, E., Rostami, H., Panahirad, S., Kulak, M., Farhadi, H., Amini, H. 2021. Protective Effects of Cerium Oxide Nanoparticles in Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) Cv. Flame Seedless Under Salt Stress Conditions. Ecotoxicology and Environmental Safety.
- Grimplet, J., Deluc, L. G., Cramer, G. R., Cushman, J.C., 2007. Integrating Functional Genomics with Salinity and Water Deficit Stress Responses in Wine Grape- *Vitis Vinifera*. Springer Nature, 643-668.
- Gürsöz, S., Tangolar, S., Özdemir, G., Çakır, A., et al. 2007. Bazı Organik Gübre Uygulamalarının Asmanın (*Vitis vinifera* L. Çiloreş) Fenolojik Gelişmesi ile Salkım, Tane ve Şıra Özellikleri Üzerine Etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(2), 319-325.
- Hassanpouraghdam, M. B., Mehrabani, L. V., Bonabian, Z., Mohammad A. A., Rasouli, F., Feldo, M., Strzemiński, M., Dresler, S., 2022. Foliar Application of Cerium Oxide-Salicylic Acid Nanoparticles (CeO<sub>2</sub>: SA Nanoparticles) Influences the Growth and Physiological Responses of *Portulaca oleracea* L. under Salinity. MDPI, 23(9).

- Imani, A. F., Gomaryan, M., Ghorbanpour, M., Pamak, P., Chavoshi, S. 2023. Foliar-Applied Nano-Cerium Dioxide Differentially Affect Morpho-Physiological Traits and Essential Oil Profile of *Salvia mirzayanii* Rech. F. & Esfand Under Drought Stress and Post-Stress Recovery Conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 203.
- Jalil, O. T., 2017. Glisin Betain Uygulamalarının Kısıntılı Sulama Şartlarında Yetiştirilen Asmaların Gelişimi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaçar, B., Katkat, V., & Öztürk, Ş. 2009. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayın Dağıtım, 556.
- Kapluhan, E. 2013. Türkiye’de Kuraklık ve Kuraklığın Tarıma Etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*. 27, 487-510.
- Kerepesi, I., Galiba, G., 2000. Osmotic and Salt Stress-Induced Alteration in Soluble Carbohydrate Content in Wheat Seedlings. *Crop Science*, 40(2): 482-487.
- Khan, A.N., Qureshi, R.H. & Ahmad, N. 2004. Salt Tolerance of Cotton Cultivars in Relation to Relative Growth Rate in Saline Environments. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6(5),786-787.
- Küçükbasmaçlı, Ö. A., 2019. Farklı Asma Anaçları Üzerine Aşılı Prima Sofralık Üzüm Çeşidinin Kısıntılı Sulama Koşullarına Tepkileri. Yüksek Lisans Tezi.
- Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stress/ Volume 1: Chilling, Freezing and High Temperature Stresses. Orlando: Academic Press.
- Li, Z., Li, F., Hu P., An, J., Wu, H., Shen, Y., White, J. C., Tian, X., Girola J. P., 2020. Emerging Investigator Series: Molecular Mechanisms of Plant Salinity Stress Tolerance Improvement by Seed Priming with Cerium Oxide Nanoparticles. *Environmental Science: Nano*, 8.
- Li, Y., Khan, M. N., Khan, Z., Chen, L., Liu, J., Hu, J., Wu, H., Li, Z., 2021. Nanoceria Seed Priming Enhanced Salt Tolerance in Rapeseed Through Modulating ROS Homeostasis and A-Amylase Activities. *NIH*, 19(1):276.
- Li, G., Gao Q., Nyande A., Dong Z., Khan, E. H., Han, Y., Wu, H. 2024. Cerium Oxide Nanoparticles Promoted Lateral Root Formation in Arabidopsis by Modulating Reactive Oxygen Species and Ca<sup>2+</sup> Level. *Functional Plant Biology*, 51(10).

- Liu, R., Lal, R., 2015. Potentials of Engineered Nanoparticles as Fertilizers for Increasing Agronomic Productions. *Science of the Total Environment*, 514: 131-139.
- Maduraimuthu, D., Alagarswamy, S., Prabhakaran, J., Karuppasami, K.M.; Venugopal, P.B.R.; Koothan, V.; Natarajan, S.; Dhashnamurthi, V.; Veerasamy, R.; Rathinavelu, S.; et al., 2023. Drought Tolerance of Mungbean is Improved by Foliar Spray of Nanoceria. *Agronomy*, 13, 201. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010201>.
- Mahajan, S., Tuteja, N. 2006. Cold, Salinity And Drought Stresses: An Overview, *Archives of Biochemistry and Biophysics*. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444, 139-158.
- Meşe, N., Tangolar, S., 2019. Bazı Amerikan Asma Anaçlarının Kuraklığa Dayanımının İn Vitro’da Polietilen Glikon Kullanılarak Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3): 466-475.
- Milani, M. H., Mohammadi, A., Panahirad, S., Farhadi, H., Labib, P., Kulak, M., Gohari, G., Fotopoulos V., Vita, F., 2024. Cerium Oxide Nanoparticles (CeO<sub>2</sub> NPs) Enhance Salt Tolerance in Spearmint (*Mentha spicata* L.) by Boosting the Antioxidant System and Increasing Essential Oil Composition. *Plants*, 13(20).
- Mohammadi, M. H. Z., Panahirad, S., Nava, A., Bahrami, M. K., Kulak, M., Gohari, G., 2021. Cerium Oxide Nanoparticles (CeO<sub>2</sub> NPs) Improve Growth Parameters and Antioxidant Defense System in Moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica* L.) under Salinity Stress. *Plant Stress*, 1.
- Morales- Espinoza, M. C., Cadenas- Pliego, G., Pérez- Alvarez, M., Hernandez- Fuentes, A. D., et. al., 2019. Se Nanoparticles Induce Changes in the Growth, Antioxidant Responses, and Fruit Quality of Tomato Developed under NaCl Stress. *Molecules*, 24(17): 3030.
- Nakano, Y., Asada, K. 1981. Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*, 22(5), 867–880.
- Örs, S., & Ekinci, M. 2015. Kuraklık Stresi ve Bitki Fizyolojisi. *Derim*, 32 (2), 237-250.
- Özden, M., Demirel, U., Kahraman, A., 2009. Effects of Proline on Antioxidant System in Leaves of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Exposed to Oxidative Stress by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Scientia Horticulturae*, 119, 163-168.

- Öztürk, K. 2002. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi. 22(1).
- Parida, A., Das, A.B. & Das, P., 2002. NaCl Stress Causes Changes in Photosynthetic Pigments, Proteins and Other Metabolic Components in the Leaves of A True Mangrove, *Bruguiera parviflora*, in Hydroponic Cultures. *J. Plant Biol*, 45, 28–36.
- Patakas, A., Nikolaou, Zioziou, E., Radoglou, K., Noitsakis, B., 2002. The Role of Organic Solute and Ion Accumulation in Osmotic Adjustment in Drought-Stressed Grapevines. *Plant Science*, 163 (2): 361-367.
- Preetha, J.S.Y., Premasudha, S.P., Pudake, R.N., Arun, M., 2023. Cerium Oxide as A Nanozyme for Plant Abiotic Stress Tolerance: An Overview of the Mechanisms. *Plant Nano Biology*.
- Rajeshkumar, S., Naik, P., 2018. Synthesis and Biomedical Applications of Cerium Oxide Nanoparticles–A Review. *Biotechnol. Rep.* 17, 1–5.
- Rossi, L, Zhang, W., Lombardini, L, Ma, X. 2016. The Impact of Cerium Oxide Nanoparticles on the Salt Stress Responses of *Brassica napus* L. *Environmental Pollution* 219: 28-36.
- Sarı, G. 2019. Çinko Uygulamalarının Kısıntılı Sulama Şartlarında Alphonse Lavalée ve Italia Sofralık Üzüm Çeşitlerinin Gelişimi ve Fizyolojisine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Saygıç, S., Önder, S. 2015. In Vitro Kuraklık Stresi Uygulamalarının 1613C Asma Anacında Osmotin Gen Ekspresyonuna Etkisi. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi, 526.
- Soltekin, O., Altındışli, A., İşçi, B. 2021. İklim Değişikliğinin Türkiye' de Bağcılık Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(3): 457-467.
- Sucu, S., 2016. Bazı Asma Anaçları ve Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinde Kuraklık Stresine Karşı Gösterilen Fizyolojik ve Transkriptomik Özelliklerin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Topcu Altıncı, N., Cangı, R., Üstün, D., 2020. Narince Üzüm Çeşidinde Salisilik Asit Uygulamalarının Yüksek Sıcaklık Stresi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 8(5), 1227–1231.

- Topcu Altıncı, N. 2016. Bazı Önemli Üzüm Çeşitlerinin In Vitro Şartlarında Kuraklık ve Sıcaklık Stresine Toleranslarının Belirlenmesi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Trouverie, J., Thévenot, C., Rocher, J. P., Sotta, B., Prioul, J. L., 2003. The Role of Abscissic Acid in the Response of A Specific Vacuolar Invertase to Water Stress in the Adult Maize Leaf. Journal of Experimental Botany, 54 (390): 2177–2186.
- Turan, E.S. 2018. Türkiye'nin İklim Değişikliğine Bağlı Kuraklık Durumu. Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4(1): 63-69.
- Ülgen, K., 1962. Bağ Phylloxera' sının Morfoloji ve Biyolojisi Üzerinde Karadenizbölgesi ve Fransa'da (Montpellier' de) Araştırmalar. Samsun: T.C. Tarım Bakanlığı, Samsunzirai Mücadele Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.
- Yağmur, Y., 2008. Farklı Asma (*Vitis vinifera* L.) Çeşitlerinin Kuraklık Stresine Karşı Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Tolerans Parametrelerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 108.
- Yordanova, R.Y., Christov, K.N., Popova, L.P. 2004. Antioxidative Enzymes in Barley Plants Subjected to Soil Flooding. Environmental and Experimental Botany, 51, 93-101.
- Wang, H., Miyazaki, S., Kawai, K., Deyholos, M., Galbraith, D.W., Bohnert, H. J., 2003. Temporal Progression of Gene Expression Responses to Salt Shock in Maize Roots. Plant Mol Biol, 52(4), 873-891.
- Wu, H., Chen, L., Peng Y., Zhu L., Huang Y., Bie Z., 2022. CeO<sub>2</sub> Nanoparticles Improved Cucumber Salt Tolerance is Associated with Its Induced Early Stimulation on Antioxidant System. Chemosphere, 299.

## ÖZGEÇMİŞ

---

**Ad Soyadı**

---

**Kişisel Bilgiler**

---

**İletişim Bilgileri**

---

**Öğrenim Bilgileri**

---

**İş Deneyimi**

---

